

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



**VLIV STÉKÁNÍ MAZIV U KAROSÁŘSKÝCH
PLECHŮ NA VLASTNOSTI LEPENÉHO SPOJE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

IRENA ŽIVNŮSTKOVÁ

2007

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 Strojírenství

Strojírenská technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

**VLIV STÉKÁNÍ MAZIV U KAROSÁŘSKÝCH
PLECHŮ NA VLASTNOSTI LEPENÉHO SPOJE**

**THE INFLUENCE OF THE LUBRICANT
SLUMPING ON THE CHARACTERISTICS OF
THE ADHESIVE BONDED JOINT OF THE
AUTOMOBILE BODY SHEETS**

Irena Živnůstková
KSP – TP – B25

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Hisem, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran.....54

Počet tabulek6

Počet příloh.....8

Počet obrázků ..24

Datum: 5. 1. 2007

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: B2341 Strojírenství

Jméno a příjmení: Irena Živnůstková

Téma práce: Vliv stékání maziv u karosářských plechů na vlastnosti lepeného spoje

The influence of the lubricant slumping on the characteristics of the adhesive bonded joint of the automobile body sheets

Číslo BP: KSP - TP - B25

Vedoucí BP: Ing. Pavel Hisem, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá problematikou zjišťování vlivu stékání maziv na vlastnosti lepeného spoje u karosářských plechů. V teoretické části jsou popsány výhody a použití lepených spojů v automobilovém průmyslu, jednotlivé zkoušky hodnocení lepidel a uvedeny charakteristiky vybraných lepidel. V experimentální části je realizován zkušební test dle příslušné zkušební metodiky a její hodnocení je provedeno z hlediska mechanických vlastností a vzhledu porušené plochy lepeného spoje.

Abstract:

The bachelor thesis deals with recognition of influence of the lubricant slumping on characteristics of bonded joint on automobile body sheets. In the theoretical part of thesis the following is described: advantages and usage of adhesive bonded joints in automotive industry, particular tests and evaluation of adhesives, characteristics of selected adhesives. Experimental part include realization of benchmark according to appropriate trial method and its evaluation, which is effected in light of mechanical feature and appearance of corrupt of bonded joint.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 5.ledna 2007

.....
Irena Živnůstková
Bílý Kostel nad Nisou 115
463 31 p.Chrastava

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Pavlu Hisemovi, Ph.D. za odbornou pomoc při provádění experimentální části, za cenné připomínky a podněty poskytnuté během vypracovávání zvoleného tématu. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Michaele Kolnerové, Ph.D. za poskytnutí potřebných informací a odbornou pomoc.



Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Teoretická část.....	10
2.1.	Teorie lepených spojů	10
2.1.1.	Podstata lepícího procesu	10
2.1.2.	Přednosti a nedostatky lepených spojů	14
2.1.3.	Srovnání lepení s ostatními technologiemi spojování materiálů	15
2.1.3.1.	Spoje svařované a pájené.....	15
2.1.3.2.	Spoje nýťované a šroubované.....	16
2.1.3.3.	Spoje lemované ¹	17
2.1.4.	Lepení v automobilovém průmyslu.....	17
2.2.	Lepidla.....	19
2.2.1.	Rozdělení lepidel.....	19
2.2.2.	Vlastnosti epoxidových lepidel	21
2.2.3.	Epoxi – hybridní technologie	22
2.2.4.	Kaučuková lepidla	24
2.3.	Maziva	25
2.3.1.	Požadavky na maziva	26
2.3.2.	Druhy maziv a jejich použití.....	28
2.3.3.	Nanášení maziv	28
2.4.	Lepení kovů.....	29
2.4.1.	Technologie lepení	29
2.4.2.	Příprava materiálů na lepení	30
2.5.	Hodnocení lepeného spoje.....	31
2.5.1.	Zkoušky pro hodnocení lepených spojů	31
3.	Experimentální část.....	33
3.1.	Zaměření a cíl práce	33
3.2.1.	Stanovení smykové pevnosti při zatěžování v tahu dle normy VW PV 12.0532	33
3.3.	Vyhodnocení typů porušení lepeného spoje	35
3.4.	Použité materiály.....	35
3.4.1.	Použitá lepidla.....	35
3.4.2.	Použitá mazivo	36



3.4.3.	Použitý základní materiál (substrát)	36
3.5.	Příprava vzorků	37
4.	Naměřené výsledky	41
4.1.	Betamate 1040	43
4.2.	Corabond V	44
4.3.	SikaPower 490/7	45
5.	Vyhodnocení výsledků	45
5.1.	Betamate 1040	45
5.2.	Corabond V	46
5.3.	SikaPower 490/7	48
6.	Závěr	50
7.	Seznam příloh	54



Seznam použitých zkratek a symbolů

AF	-	adhezní porušení,
CF	-	kohezní porušení,
SCF	-	speciální kohezní porušení,
EG	-	ocelový plech galvanicky pozinkovaný,
HDG	-	ocelový plech žárově pozinkovaný,
s	-	směrodatná odchylka,
\bar{x}	-	aritmetický průměr,
x_i	-	měřená hodnota každého zkušebního vzorku,
n	-	počet měření,
nm	-	nanometr,
tzv.	-	takzvaný,
viz	-	odkaz na daný text, graf, obrázek,
cca	-	přibližně,
atd.	-	a tak dále,
atp.	-	a tak podobně,
apod.	-	a podobně,
např.	-	například,
obr.	-	obrázek,
%	-	procento,
tab.	-	tabulka,



1 ÚVOD

Nárůst požadavků na technickou úroveň konstrukcí se projevuje v poslední době intenzivně i v oblasti spojování materiálů, kde lepení je často jedinou spojovací metodou, která nenarušuje vlastnosti citlivých materiálů, poskytuje nové kombinační schopnosti a dovoluje získat takové tvary a vlastnosti, které nejsou jiným způsobem dosažitelné.

V několika posledních desetiletích tato technologie zaznamenala prudký rozmach. Způsob spojování lepením však zasahuje hluboko do historie, kdy se k lepení využívaly v přírodě snadno dosažitelné látky (např. smůla ze stromů, vaječný bílek, klíh atp.). Prakticky až do druhé světové války byly lepeny pouze materiály schopné lepidlo nasáknout. To platilo až do doby, kdy byly objeveny některé polymery. Historickým mezníkem byl objev fenolformaldehydové pryskyřice.

Lepení, jako technika spojování konstrukčních materiálů zasahuje prakticky do všech průmyslových odvětví tedy i do automobilového průmyslu. Využívá se zde ve spojení s odporovým svařováním ke stavbě karoserie, dále u lepení oken, těsnění přeplátovaných švů mezi díly a podobně. Spojování jednotlivých dílů lepením zčásti nebo plně nahrazuje klasické způsoby spojování materiálů.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit vliv stékání maziv na svisle zavěšených zkušebních vzorcích na vlastnosti lepeného spoje u karosářských plechů, s ohledem na specifické podmínky lepení karoserií v automobilovém průmyslu. Podmínky kondicionování těles zkušebních vzorků měly zohlednit prodlevy mezi lisováním a vlastním lepením karosářských výlisků v praxi, u kterých může docházet v určité míře ke stékání maziv, která se před vlastním lepením z povrchu plechu neodstraňují. Stékání maziv může způsobovat jeho nahromadění v místě lepeného spoje a tím ovlivňovat jeho vlastnosti. Teoretická část je zaměřena na problematiku lepení, vznik spoje a jeho princip, dále na vlastnosti a druhy lepidel a maziv. Praktická část se zabývá zkouškou pevnosti ve smyku lepeného spoje, metodikou lepení a kondicionování zkušebních vzorků a vyhodnocením druhu porušení spoje.



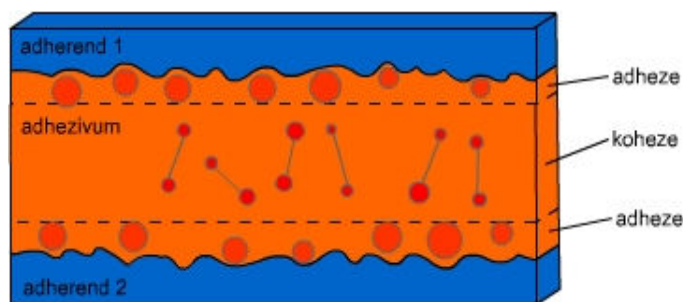
2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. LEPENÝ SPOJ

Lepené spoje se řadí mezi nerozebíratelné spoje s materiálovým stykem. Technologie lepení se stává jedním ze základních způsobů spojování kovů, plastů i kombinovaných systémů téměř ve všech průmyslových odvětvích. Lepení se velmi rozšířilo nejen v průmyslových oborech, ale i při individuálních pracích, neboť lepidla umožňují spojování materiálů bez nároku na vybavení dílny. Když lze některými typy lepidel lepit širokou škálu materiálů, nelze je přesto považovat za universální. Universální lepidla neexistují. Jen s určitými druhy lepidel, na konkrétních materiálech a za určitých pracovních podmínek je možné získat spoje s optimálními vlastnostmi v určitém směru. Lepení je výhodné nejen pro vytváření velkoplošných spojů, ale i pro lepení je efektivnost a ekonomičnost, především v automobilovém průmyslu pak úspora hmotnosti lepených dílů.

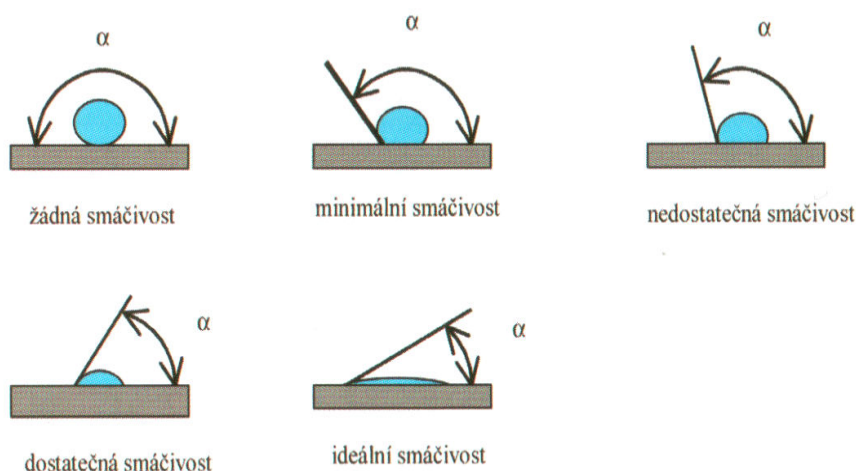
2.1.1. PODSTATA LEPÍCÍHO PROCESU /1,2,3,10/

Vznik lepeného spoje se uskutečňuje vzájemným chemickým a fyzikálním působením adheziva (lepidla) a adherendu (spojovaného materiálu). Princip lepeného spoje spočívá na dvou nejdůležitějších činitelích a to na adhezi lepidla s lepeným povrchem a vlastní kohezi samotného lepidla, jak je znázorněno na obr.2.1. Adheze neboli přilnavost je přitažlivá síla lepidla na kontaktních površích materiálů. Základem adhezního jevu jsou fyzikální síly přitažlivosti a absorpce, které jsou popisovány jako síly Van der Waalsovy, které mají pro lepení zásadní význam. Vliv těchto mezimolekulárních sil je značně nižší, jestliže se lepidlo nedostane do těsného styku s povrchem lepeného materiálu např. vlivem relativní drsnosti jeho povrchu, způsobené jeho mechanickým opracováním. Je tedy nutné, aby lepidlo vniklo přímo do povrchových nerovností a smáčelo dokonale povrchy lepených ploch.



Obr. 2.1: Princip lepeného spoje

Pevnost lepeného spoje tak závisí jak na smáčení povrchu (pro dosažení co nejúplnějšího mezimolekulárního kontaktu), tak na přilnavosti.



Obr. 2.2: Smáčivost lepidel

Při daném povrchovém napětí lepidla závisí smáčení na povrchové energii lepeného materiálu a na viskozitě lepidla. Smáčení může být rovněž sníženo, jsou-li na povrchu znečištěná místa. Z tohoto důvodu je důležité věnovat úpravě povrchu před lepením velkou pozornost.

Způsob, jakým se lepidlo vlivem adheze přichytí na povrchu adherendu je dán dvěma způsoby, adhezí mechanickou a specifickou.

Mechanická adheze vzniká u pórovitých ploch s velkou drsností povrchu. Po ztuhnutí si lepidlo vytvoří mechanické můstky, které se pevně zakotví v pórech smáčeného materiálu a vytvoří s ním adhezní spojení. Typickým příkladem je lepení dřeva, pro lepení kovů má mechanická adheze jen nepatrný význam.

Mezimolekulární napětí, jenž vzniká na rozhraní lepidlo – kov, určuje tzv. specifickou adhezi. Podmínkou pro přilnutí lepidla na kov je přímý styk povrchu adherendu s lepidlem.



Dobře smáčivé jsou látky u nichž je elevační (krajový) úhel menší než 90° . Tento úhel určuje rozdíl povrchových napětí lepidla a vzduchu. Je-li rozdíl kladný, pak je elevační úhel ostrý a lepidlo dobře smáčí povrch viz obr. 2.2. Pokud je tomu naopak (rozdíl je záporný \Rightarrow úhel je tupý), pak lepidlo povrch nesmáčí viz. obr. 2.2). Povrchové napětí mezi kovem a lepidlem je vždy menší, než mezi vodou a kovem, proto bude-li dobrá smáčivost povrchu vodou, lze předpokládat, že s lepidlem tomu bude také tak.

Koheze neboli soudržnost určuje vlastní pevnost lepidla a je spojena s jeho tloušťkou. Tloušťka lepidla mezi adherendy není vždy stejná, lepidlo není namáháno jen na stykových plochách, ale také uvnitř sebe samotné. Velikost koheze udává tzv. kohezni energie, kterou je možno vyjádřit jako energii potřebnou k oddělení částice lepidla od ostatních. Skládá se z mezimolekulární přitažlivé Van der Waalovy síly a síly vzájemného propletení řetězců molekul polymerů mezi sebou. Každý řetězec je tak pevný, jak pevný je jeho nejslabší článek. Adhezní a kohezni síly v lepeném spoji by měly být přibližně v rovnováze.

V procesu lepení, tedy při adhezním spojování dílů, se uplatňují fyzikální síly, chemické vazby a mezimolekulární síly. Adhezi jako jev vysvětluje řada teorií, tyto teorie se opírají o vztahy molekul a jejich vzájemné působení.

V současné době se nejčastěji citují následující teorie:

a) Molekulová (absorpční) teorie

Dnes nejvíce přijímaná teorie adheze vychází z jevu smáčení, absorpce a adheze. Základem adheze je vzájemné působení molekul adherendu a adheziva (lepidla), proto je nevyhnutelné, aby oba druhy molekul měli polárně funkční skupiny schopné vzájemného působení. Proces vzniku adhezního spoje (vazby) je možno rozdělit na dvě stadia:

- transport molekul adheziva k povrchu adherendu
- vzájemné působení mezimolekulárních sil po přiblížení se molekul adheziva na vzdálenost menší jak 0,5 nm. Tento proces trvá až do dosažení absorpční rovnováhy.

Za předpokladu dostatečného kontaktu (na molekulární úrovni) adherendu a adheziva postačují van der Waalsovy síly vzhledem ke své vysoké četnosti k dobré pevnosti adhezního spojení. Příčina malé pevnosti adhezního spoje je spatřována především v omezeném kontaktu adherendu a adheziva, a proto úzce souvisí s dokonalou smáčivostí povrchu adherendu adhezivem.

b) Elektrostatická teorie

Tato teorie předpokládá dvojitou vrstvu vytvořenou dotykem dvou rozličných substancí ve spoji jako základ pro vznik adheze. Podle toho je spoj kondenzátorem, jehož rozdílně nabitě desky se přitahují. Jakmile je oddělíme, vzniklý potenciální rozdíl se musí vybít nebo vyzářit jako elektronová emise. Při podrobnějších studiích se však nedokázalo, že dva elektricky nabitě povrchy zlomeného spoje jsou identické s dvěma neutrálními povrchy, z kterých byl spoj původně vytvořen (náboj údajně vzniká až po dotyku obou vrstvách).

c) Difúzní teorie

Podle této teorie pevnost spoje vzniká vzájemnou difúzí polymerů (nebo jiných materiálů) napříč rozhraním. Základem tohoto tvrzení je skutečnost, že některé látky, např. polymery, mohou navzájem difundovat a průběh této difúze, který závisí především na čase, teplotě, viskozitě, relativní molekulové hmotnosti polymerů, kompatibilitě adherendu a adheziva pak ovlivňuje pevnost spoje. Tato teorie vůbec nevysvětluje možnost spojení materiálů, které vzájemně nedifundují (a přitom se jako např. systém kov – sklo, úspěšně lepí). Adhezivní jevy nemůžeme vysvětlit ani pomocí této teorie.

d) Chemická teorie

Při získání pevnostního spoje, který nebude vykazovat adhesivní, ale jen kohezivní lom, je podle této teorie potřebné, aby materiály, které se mají spojit navzájem reagovaly vytvořením primárních (kovalentních) vazeb napříč rozhraním. Takovéto vazby sice někdy vznikají, všeobecné však lepení probíhá v termodynamických podmínkách, které vznik chemických vazeb



neumožňují. I když by takové podmínky nastaly, nemůžeme tvrdit, že vazbové reakce budou probíhat jen na povrchu materiálů, ani to, v jakém rozsahu takové reakce pevnost spoje ovlivňují, anebo či pevnost jednoznačně zvyšují.

e) *Mechanická teorie*

Tato teorie vychází z představy, že po proniknutí kapalného adheziva do trhlin a kavit lepeného povrchu, dojde po ztuhnutí adheziva k jeho “zaklínění” v povrchu adherendu. Mechanické teorie adheze užívány sporadicky jen ve specifických případech, jako je například adheze pryžových směsí k textilním vláknům, či výroba překližek.

2.1.2. PŘEDNOSTI A NEDOSTATKY LEPENÝCH SPOJŮ /1,2,4,5/

Lepení je důležitým doplňkem tradičních metod spojování, ne jejich výlučnou náhradou. Umožňuje integrálně vyztužit a zesílit zejména potahové konstrukce bez nákladného strojního obrábění. Často se lepení využívá společně se svařováním. Lepení má řešit především ty případy, které nelze řešit jinými metodami spojování.

Jako každá technologie spojování, má i lepení své přednosti a nedostatky. Tyto přednosti a nedostatky určují konstrukci vhodnou pro lepení a často omezují použití lepidel jen na určité případy.

výhody lepeného spoje:

1. Spoj je trvalý, což dává rovnoměrnější distribuci napětí přes lepenou plochu (vyloučí se místní koncentrace napětí)
2. Většina lepidel má dobré mechanické tlumicí vlastnosti (tlumení hluku, vibrací)
3. Montáž se dá ve většině případů provádět při relativně nízkých teplotách
4. Spoj je plyný a vodotěsný a jako takový vytváří spolehlivý těsný uzávěr
5. Mohou se spojovat materiály zcela různé
6. Lepení snižuje hmotnost celé konstrukce
7. Lepení je ve srovnání s jinými spojovacími technikami poměrně jednoduché



8. Možnost spojovat velmi tenké materiály
9. Snížení výrobních nákladů
10. Hladké vnější povrchy
11. Možnost spojení velkých ploch
12. Těsnost spoje, zvýšená odolnost proti korozi
13. Nezeslabuje konstrukci dírami

nevýhody lepeného spoje:

1. Pevnost spoje je často nízká ve srovnání s jinými spojovacími technikami
2. Lepidla většinou vykazují špatné vlastnosti při zatížení na loupání a stříhovém namáhání
3. Plné pevnosti se dosáhne až po vytvrzení
4. Dlouhé vytvrzovací doby
5. Lepidla mohou být napadána některými chemikáliemi
6. Většinou nejsou vhodná pro spoje s proměnlivým zatížením
7. Často je obtížné oddělit spojené díly nedestruktivní metodou
8. S ohledem na zdraví musí být při jejich použití dbáno na bezpečnostní opatření
9. Nutnost úpravy ploch před lepením

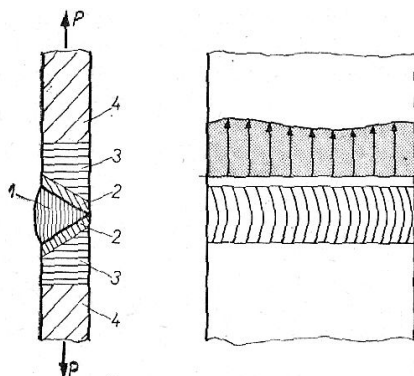
2.1.3. SROVNÁNÍ LEPENÍ S OSTATNÍMI TECHNOLOGIEMI SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ /3/

Lepení jako nový způsob spojování kovových materiálů, se v poslední době hodně rozšířilo. U některých průmyslových odvětví je dnes postaveno na úroveň klasických způsobů, jako je nýtování, svařování, spojování šroubů a pájení. Tyto dříve jediné způsoby spojování nesplňují vždy technologické požadavky.

2.1.3.1. SPOJE SVAŘOVANÉ A PÁJENÉ

Svářet a pájet se mohou jen některé kovy. V mnohých případech je svařování a pájení obtížné a někdy metalurgické složení kovů a zejména slitin sváření vůbec nepřipouští.

Při svařování se materiál často v místech svaru oslabuje a deformuje, zejména pokud se jedná o tenké plechy. A kromě toho v místech svaru zbývá po sváření určité napětí, která jsou velmi nerovnoměrná a sčítají se s napětími, která konstrukce přenáší (obr.2.3).

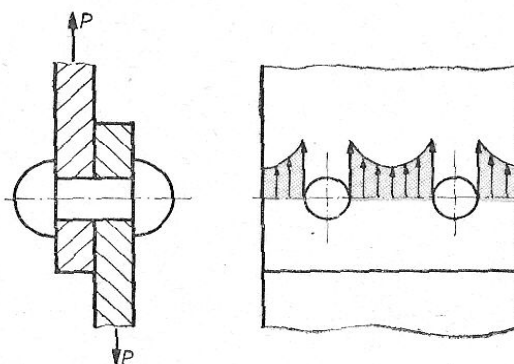


Obr. 2.3: Napětí v materiálu při svařování

1 – oblast nataveného materiálu, 2 – oblast přehřátí, 3- oblast popuštěná, 4 – původní materiál

2.1.3.2. SPOJE NÝTOVANÉ A ŠROUBOVANÉ

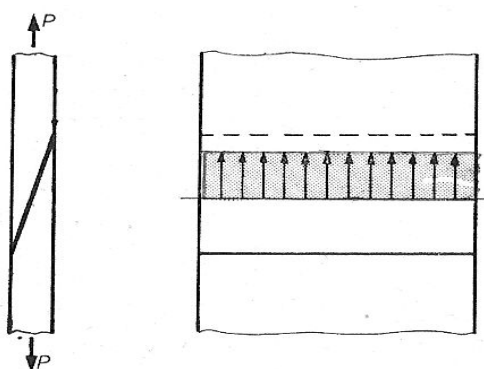
Nýtování a šroubování je všestrannější a lze s nimi spojovat i různorodé hmoty. Nevýhodou je, že se porušuje celistvost materiálu a tím zhoršují mechanické vlastnosti. Při nýtování a šroubování v ocelové konstrukci je namáháno pouze místo, ve kterém jsou spojeny dva konstrukční díly. Ve šroubu nebo nýtu se totiž koncentruje všechna síla. Tak např. u namáhané mostní konstrukce v ní síla rovnoměrně rozložena v celé hmotě, ale soustředí se právě v místech, kde jsou jednotlivé části konstrukce spojeny nýty nebo šrouby (obr.2.4). Šroubování a nýtování je velmi pracné.



Obr. 2.4: Napětí v materiálu při šroubování

2.1.3.3. PŘEPLÁTOVANÝ LEPENÝ SPOJ

Přeplátované lepené spoje v porovnání se spoji nýtovanými, šroubovanými, pájenými a svařovanými mají při proměnlivém namáhání větší nosnost. Přednosti lepených spojů vyniknout zejména u tenkých plechů. Závažným nedostatkem lepených spojů je jejich velká citlivost k působení normálového napětí v přeplátovaných spojkách, kterým se většinou nelze vyhnout. Zdá se však, že kombinace lepených spojů s tzv. technologickými spínadly (šrouby nebo nýty) dostatečně pojišťuje spoje proti nepříznivému působení sil, které vyvolají odlupování spojů a ohrožují tak do značné míry provozní jistotu lepených konstrukcí. U lepených spojů nemohou nastat soustředěná napětí, spoj je hladký a také jeho pracnost je menší (obr.2.5). Z hlediska hospodárnosti a konstrukce znamená lepení pokrok ve spojovací technice, neboť často umožňuje vytvořit lehčí konstrukci a tím zajistit i levnější řešení.



Obr. 2.5: Napětí v materiálu při lepení

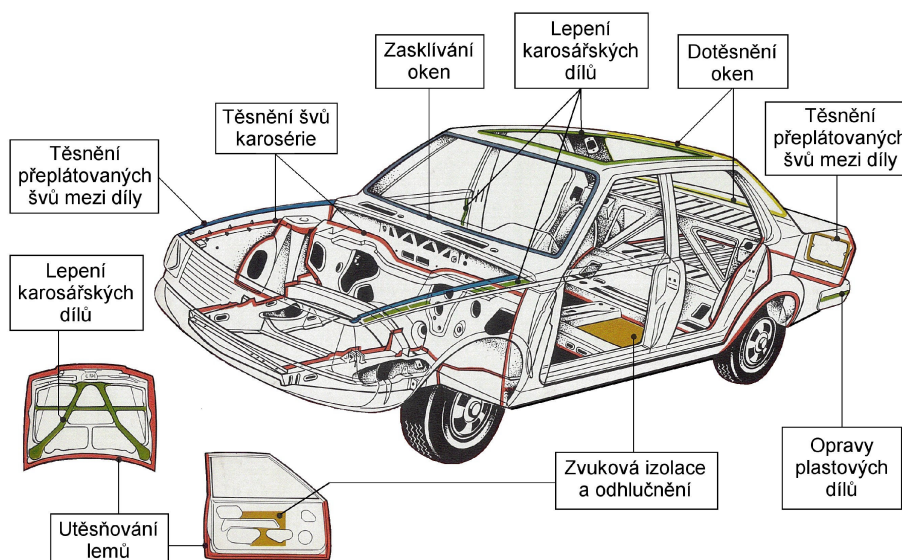
2.1.4. LEPENÍ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU /2,4,5/

Lepení je výhodné nejen pro vytvoření velkoplošných spojů, ale i pro efektivnost a ekonomičnost, především v automobilovém průmyslu pak úspora hmotnosti lepených dílů. Pro stavbu automobilových karoserií se doposud nejvíce využívají tenké, zejména ocelové plechy, které se následovně spojují především svařováním a lepením. V současné době je vzrůstající tendence využívat právě lepených spojů díky přednostem, které pro spojování dílů karoserií představují. Dá se říci, že lepení zastává buď funkci doplňkovou a těsnící nebo může, ve specifických případech, celkově

zastoupit technologii svařování v konstrukčních pevnostních spojkách. Některé základní aplikace lepených spojů znázorňuje obr.2.6.

Lepené spoje ve stavbě automobilů lze rozdělit do několik skupin:

- lepení frikčních materiálů
- konstrukční lepené spoje karoserie
- tmelení karoserie
- lepení lepidly, která obsahují rozpouštědla
- lepení okenních skel
- lepení tavnými lepidly
- lepení samolepícími páskami



Obr. 2.6: Návrhy vhodných míst pro použití lepidel

Lepidla pro automobilový průmysl

Protože potřeba produktivity výroby je zvláště v automobilovém průmyslu velmi vysoká, není z tohoto důvodu výhodné před aplikací lepidla nebo svařování při stavbě karosérie plech zvláště odmašťovat a ani v praxi se tak nečiní. Okruh použitelných lepidel se tedy zužuje na lepidla, která jsou vůči mazivům málo citlivá a zajišťují dostatečnou adhezi i pevnost spoje navzdory určité tloušťce povrchové vrstvy maziva a dále musí splňovat tyto vlastnosti:

- Odolávat teplotám v rozmezí – 50 °C až 80 °C, někdy odolnost proti teplotám vyšším



- Odolnost proti povětrnostním vlivům, roztokům solí, pohonných hmotám, olejům a brzdovým kapalinám po dobu životnosti automobilu, což platí i o vlivu teploty
- Lepit různé materiály od kovů přes pryže, lakované povrchy až k různým plastům a to bez větších nároků na úpravu povrchu před lepením.
- Vyhovovat požadavkům vysoké frekvence hromadné výroby a dát se snadno nanášet
- Výrobní náklady lepení musí být nižší než náklady tradičních způsobů spojování a operace lepení musí vyhovovat i bezpečnostním předpisům

2.2. Lepidla

2.2.1. Rozdělení lepidel /2,3,5/

Rozdělení lepidel podle principu tuhnutí ve spoji

A) lepidla tuhnoucí vsáknutím a odpařením rozpouštědel ve spoji

(fyzikálně tuhnoucí)

1. rozpouštědlová lepidla disperzní
2. rozpouštědlová lepidla roztoková
3. tavná lepidla
4. lepidla stále lepivá

B) lepidla reaktivní

1. lepidla tuhnoucí vlivem vlhkosti prostředí
2. lepidla tuhnoucí kontaktem s kovy bez přístupu vzduchu (anaerobní lepidla)
3. lepidla tuhnoucí po přidání tvrdidel
4. lepidla tuhnoucí zvýšenou teplotou

Rozdělení lepidel dle chemického složení

1) Lepidla na bázi na vinylických polymerů:

Nejznámější lepidlo toho druhu je polyvinylacetat, používaný při zpracování dřeva, na lepení plastických hmot, textilu apod. Lze sem zařadit i lepidla karbinolová, která se dají vytvrzovat při teplotě místnosti, mají však poměrně hodně nedostatků. Vrstva lepidla mezi spojovanými částmi je křehká a hygroskopická (přijímá vlhkost ze vzduchu). Při značné vlhkosti vzduchu nebo ve styku s vodou navlhne a změkne. Odolnost za tepla je také malá, při teplotě 60 °C se pevnost prudce zmenšuje.

2) Polyuretanová lepidla

Výborně Inou (adheze) ke kovům a jsou velmi odolná proti povětrnostním vlivům. Jejich velkou nevýhodou, je to, že jsou velmi jedovatá a nestálá pro uskladnění.

3) Lepidla na bázi fenolformaldehydových pryskyřic, modifikovaných vinylickými polymery

Kombinací uvedených látek se získávají výborná lepidla na kovy. Kromě značné pevnosti ve smyku jsou i velmi pevná v loupání. Jejich odolnost proti účinkům vody a vlhkosti vzduchu je velmi dobrá. Nevýhoda, která ztěžuje jejich použití, je vznik vody při polymeraci. Lepené spoje se musí vytvrzovat při teplotě 50 °C a spojované části se musí k sobě přitlačit. Pro lepení je tedy nutné použít složitých přípravků, zařízení pro vytápění i pro vyvinutí poměrně vysokých tlaků.

4) Lepidla na bázi epoxidových pryskyřic

Dobře Inou ke kovům i k mnohým nekovům, mají dobrou chemickou odolnost a při jejich použití není třeba tlaku, protože se nevylučují žádné plynné látky při vytvrzování a vrstva pryskyřice má malou smrštitost. U některých typů při vytvrzování stačí normální teplota místnosti, některé typy se vytvrzují za tepla, obvykle při teplotě 200 °C.

5) Lepidla kaučuková

Jsou velmi houževnatá, a proto jsou spoje velmi pevné v loupání. Vyrábí se jako dvoukomponentové.

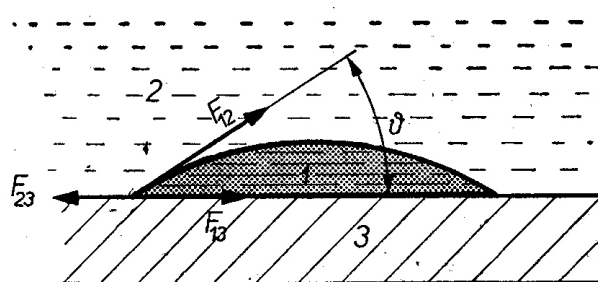
2.2.2. VLASTNOSTI EPOXIDOVÝCH LEPIDEL /3/

Vzhledem k typu použitého lepidla v experimentu (Betamate 1040) se vracím k samostatné kapitole k epoxidovým lepidlům.

Je velmi nesnadné objasnit, proč pryskyřice pevně přilnou k hladké nepórovité ploše kovu. Je to proto, že příčin je několik, které lze těžko od sebe oddělit a zkoumat každou zvlášť. Souhrnu všech příčin, které způsobují přilnutí dvou látek na sebe, říkáme přilnavost (adheze). Budeme-li dále hovořit o přilnavosti (adhezi), máme na mysli souhrn přitažlivých sil pryskyřice k podkladu.

Při bližším zkoumání principu lepení se rozlišuje adheze mechanická a adheze specifická. Mechanická adheze vzniká při lepení takových látek, u nichž tekuté lepidlo proniká do pórů a drsností na povrchu. Po ztuhnutí si lepidlo vytvoří mechanické můstky, jimiž na povrchu zakotví a spojí obě lepené části. Mechanická adheze je hlavní složkou při lepení dřeva a podobných látek; při lepení kovů má však jen nepatrný význam.

Specifická adheze je způsobena mezimolekulárním napětím, které vzniká na hraniční ploše mezi lepidlem a kovem. Podmínkou pro přilnutí lepidla na kov je skutečný přímý styk povrchu kovu s lepidlem. Vyžaduje se, aby lepidlo plochu smáčelo. Smáčejí se ty látky, u nichž rozdíl povrchového napětí proti vzduchu (F_{23}) a proti kapalině (F_{13}) je kladný. Rovnováha sil na okraji kapky kapaliny k podkladu a ke vzduchu je znázorněna na obr. 2.7.

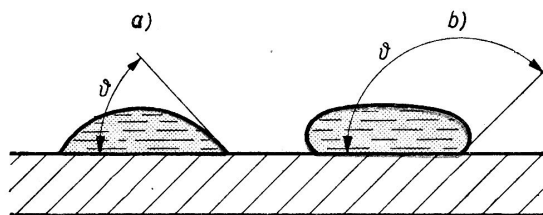


1 – kapalina; 2 – vzduch; 3 – kov;
F – síly na hraničních plochách prostředí

Obr. 2.7: Smáčení povrchu kovu kapalinou

Rozdílu sil $F_{23} - F_{13}$ se říká adhezní konstanta. Je-li adhezní konstanta kladná, je krajní úhel θ ostrý a kapalina povrch smáčí. Kapka vody na dokonale odmaštěné ploše se chová jako na obr. 2.8a. Je-li adhezní

konstanta záporná, je úhel θ tupý a kapalina povrch nesmáčí. Voda na mastném povrchu se snaží shluknout do kuliček, obr. 2.8b.



a – plocha je odmaštěná; θ – krajní úhel; b – plocha je neodmaštěná

Obr. 2.8: Chování kapky vody na ploše kovu

Považujeme-li napětí mezi kovem a vzduchem, mezi vodou a vzduchem za stále, můžeme na velikost úhlu θ působit jen změnou povrchového napětí mezi kovem a vodou. Dosáhneme toho dobrým odmaštěním povrchu kovu.

Povrchové napětí mezi kovy a pryskyřicí je vždy menší než mezi kovem a vodou. dosáhneme-li vhodnou úpravou toho, že povrch kovu se smáčí vodou, máme jistotu, že se bude dobře smáčet i pryskyřicí.

Stať o smáčení povrchu objasňuje, proč je nutno stále klást důraz na odmašťování a čistotu povrchu před lepením. Dobrá smáčivost je podmínkou pro vznik adhezních sil, které se rozdělují na primární, tj. síly podmíněné chemickou vazbou mezi kovem a lepidlem; sekundární, tj. hlavně mezimolekulární valenční síly. Jsou to síly elektrostatické, indukční a disperzní.

Podíl primárních sil na velikosti adheze je u epoxidových lepidel poměrně malý. Hlavní složkou jsou síly sekundární, které se vytvářejí mezi polárními povrchy. Používáme proto na kovy lepidla, která mají polární charakter, a lepit můžeme opět látky, jejichž povrch lze polarizovat. Jako lepidla se nejčastěji používá organických polymerů, jejichž molekuly jsou na povrchu orientovány.

2.2.3. EPOXI – HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE /9/

Vzhledem k typu použitého lepidla v experimentu (*SikaPower 490/7*) bych se zde zmínila také o epoxi – hybridní technologii.

Pokračujícím vývojovým stádiem epoxidových pryskyřic jsou epoxi-hybridní lepidla, což je kombinace polyuretanové a epoxidové technologie.



Touto kombinací bylo dosaženo „elastické tvrdosti“ epoxidových pryskyřic vlivem flexibility polyuretanů. Epoxidové hybridy vytvrzují tepelně aktivovaným procesem při teplotách převážně cca 160 až 180 °C, ve speciálních případech také při nižších teplotách.

Aby bylo dosaženo určených počátečních pevností a speciálně zlepšena odolnost proti vymývání, byla vyvinuta 2- komponentní varianta tohoto systému. Počáteční vytvrzování probíhá při pokojové teplotě, úplného vytvrzení se dosahuje při vyšších teplotách.

Zpracování

1- komponentní systémy se nanášejí manuálně nebo za pomoci robotů. Výrobky pro konstrukční lepení se za pomoci vtláčovacích pump s předeřevem nanášejí v tloušťce cca od 1 do 4 milimetrů, naproti tomu produkty pro výplně a těsnění za studena v tloušťce cca 5 až 12 mm.

2- komponentní systémy lze míchat staticky i dynamicky, nanášení se nejčastěji realizuje pomocí pump a robotů do tloušťky vrstvy až 8 milimetrů. Používají se pro utěsňování a semikonstrukční lepení.

Oblasti použití

Epoxi- hybridní technologie může být v průmyslové výrobě použita tehdy, jestliže je k dispozici ohřívací systém, vypalovací nebo sušící zařízení (například KTL sušící pec). Technologie umožňuje:

- slevování plechů mírně znečištěných olejem
- lepení při montáži v automobilním průmyslu a stavbě vozidel, vyztužování ploch, u lemových spojů, těsnění spojů a lepení v kombinaci s bodovým svařováním

Přednosti technologie:

- vynikající adheze na plechy mírně znečištěné olejem a na plasty (2složkové systémy)
- vysoká flexibilita a dobrá adheze díky kombinaci polyuretanu a epoxidu
- rychlá a snadná výroba pomocí lepení a utěsňování v jediném pracovním kroku



- korozní ochrana vzhledem k dobré odolnosti vůči stárnutí a klimatickým podmínkám
- velká volnost při návrhu designu vzhledem k možnostem vzájemně spojovat rozdílné druhy ocelí
- možnost přelakování
- neobsahuje žádná rozpouštědla nebo PVC
- odolnost proti vymývání u většiny procesů mytí a v KTL lázních

2.2.4. KAUKUKOVÁ LEPIDLA /2, 3/

Při experimentu bylo použito také lepidlo *Corabond V*, které patří mezi kaučuková lepidla. Proto bych se zde o nich více zmínila.

Základní rozdělení kaučukových lepidel:

- Kaučuková lepidla:
- nevulkanizační
 - vulkanizační
 - samovulkanizační
 - vulkanizační za zvýšené teploty

Nevulkanizační kaučuková lepidla mají ve srovnání s vulkanizačními podstatně menší pevnost spojů. Vulkanizační kaučuková lepidla obsahují vulkanizační přísady a vulkanizují obvykle v rozmezí teplot 140 až 150°C.

U samovulkanizačních kaučukových lepidel jsou kromě vulkanizačních přísad ještě přidány aktivátory a urychlovače, umožňují vulkanizaci i za teploty 25 až 30°C.

Hlavní požadavky na dobré rozpouštědlo pro výrobu kaučukového lepidla jsou zejména:

- rozpouštědlo nesmí mít nepříznivý vliv na kvalitu lepidla
- musí být minimálně toxické
- musí zaručovat co nejmenší nebezpečí vzniku ohně
- nemělo by pokud možno zapáchat
- mělo by mít vhodnou rychlost rozpouštění kaučuku a rychlost odpařování

K výrobě kaučukových lepidel se používají běžné kaučuky a kaučukové směsi, které se těsně před výrobou lepidla odbourávají válcováním, aby se zvýšila jejich lepivost a rozpustnost. Při rozpouštění v mísících strojích se



nejprve přidává jen asi jedna třetina objemu rozpouštědla, zbytek se přidává postupně. Pro urychlení rozpouštění se někdy nechává kaučuk nejprve bobtnat 12 až 14 hodin v rozpouštědle.

Kaučukových lepidel může být více druhů, záleží na způsobu výroby, množství výchozích látek a příměsí, z nichž je lepidlo vyrobené.

Po objevu vulkanizace přírodního kaučuku a jeho regenerace bylo zjištěno, že lepidla připravená rozpouštěním regenerátu mají vlastnosti, které nelze získat rozpouštěním přírodního kaučuku. K vulkanizaci kaučuku za laboratorní teploty se dá použít například chlorid sirný, který vytváří mezi jednotlivými řetězci sirné můstky.

Lepidla z přírodního kaučuku nebo z regenerátu mohou být roztoky v rozpouštědlech, vodné disperze nebo polotuhé tmely a pasty.

Z přírodního kaučuku i z regenerátu se dělají lepicí pásy, jejichž nosičem je textil nebo plast. Lepidlo se nanáší buď z roztoku potíráním nebo nanášením tuhé směsi za zvýšené teploty. Z přírodního kaučuku i z regenerátu se také dělají tmely v podobě vysoce viskózních kapalin nebo past, vhodných pro vytlačování. Poměr vody nebo rozpouštědla bývá 1 : 3 až 1 : 4. Tato lepidla vysychají odpařením rozpouštědel nebo vody, také vulkanizují po zahřátí či po přidání katalyzátoru. Lepidla z přírodního kaučuku i z regenerátu mají dobrou lepivost. Lepidla z regenerátu jsou odolnější proti povětrnosti a jsou méně náchylná ke creepu za tepla. Bývá jim často dána přednost pro jejich nízkou cenu, snadnost nanášení, dlouhou dobu zpracovatelnosti a pro rychlé dosažení pevnosti. Mají i vysokou stabilitu v roztoku a ze všech lepidel na bázi kaučuku se dají nejlépe nanášet stříkáním. Použití těchto lepidel se uplatňuje zejména k lepení papíru, kovů, plastů, kůže, pryže, dřeva a podobně. Zvláštní význam mají pro přípravu lepicích pásek, citlivých na tlak. Další použití je ve stavebnictví, značná část se používá i při výrobě automobilů.

2.3. MAZIVA /6,7/

Vzhledem k zaměření mé bakalářské práce, kdy se lepidla nanáší na plechy znečištěnými mazivy, bych se zde zmínila také o vlastnostech maziv používaných při lisování karosérie automobilů.



Na mazivo jsou vznášeny četné specifické požadavky. Při výběru maziv se musí uživatel řídit vždy tím, že neexistují naprosto dobrá a špatná maziva, nýbrž za daných podmínek je jedno mazivo více či méně vhodné ke konkrétní operaci. Optimálního stavu je dosaženo tehdy, jestliže celková materiálová dvojice (materiál a mazivo), včetně makrogeometrických a mikrogeometrických podmínek je navzájem v souladu.

2.3.1. POŽADAVKY NA MAZIVA

Dobré mazivo musí splňovat mnohé požadavky, které lze shrnout do těchto bodů:

- a) *schopnost vytvořit pevný souvislý film* – patří k nejdůležitějším ukazovatelům maziv. Nedostatečně přilnavá pevná vrstva při vysokých tlacích je vytlačena z třecích ploch. Schopnost mazacího filmu vzdorovat tlakovému zatížení je dána přilnavostí mezi molekulami maziv a mazacího filmu. Získání této schopnosti u tlakem zatížených olejových maziv je velmi obtížné, proto se vyvolává přísadami síry, grafitu, mastku atd.
- b) *mazací schopnost* – je vlastnost, která se projevuje přilnutím maziva k mazanému povrchu a vytvořením souvislé mazací vrstvy s dostatečnou přilnavostí a s malým vnitřním třením. Je charakterizována především *mazivostí* a *viskozitou*.

Mazivost – je vlastnost, podle níž posuzujeme pevnost mezní vrstvy maziv a je charakterizována mazacími vlastnostmi v podmínkách mezního tření na rozdíl od podmínek hydraulického tření, při kterém je charakteristickým ukazovatelem vlastnosti vrstvy maziva viskozita. Otázka mazivosti ještě není v celé šíři vyjasněna. Je známo, že mazivost je ovlivněna složitými fyzikálně chemickými jevy maziv i mazaných kovů závislých na jejich vzájemných vlastnostech. Mazivost se upravuje látkami, které mají velkou aktivní polaritu ke kovu (mastné látky), nebo s nimi zároveň chemicky reagují a tak zlepšují kluzné vlastnosti povrchu.

Viskozita – je míra vnitřního tření, to je hodnota vyjadřující odpor proti vzájemnému posunutí molekul maziva. Samotná viskozita není dostačujícím kritériem pro volbu optimálního maziva. Stanovení



viskozity je nutným, ale nikoli dostatečným ukazatelem technologických vlastností maziva. Vliv na viskozitu má jak chemické složení maziv tak i teplota.

- c) *schopnost udržení na třecích plochách* – je závislá na přilnavosti maziv na povrchu třecích ploch. Přilnavosti se dosahuje zvětšením mazivosti a viskozity maziva. Přilnavost maziv je způsobena soudržnými silami mezi molekulami maziva povrchem kovů. Podle toho rozlišujeme povrchově aktivní maziva, která se mohou vázat na povrch kovů, např. kovová mýdla, živočišné a rostlinné tuky. Povrchově neaktivní maziva se vážou jen nepatrně, nebo se vůbec nevážou, a proto vytvoření tlakovzdorného filmu není možné. Přilnavosti mazacího filmu u povrchově aktivních látek se dosáhne přísadou látek aktivních (chloru, síry, fosforu apod.), nebo vysoko disperzních tvrdých plnidel (grafitu, křídly, mastku).
- d) *chemická stálost* – je odolnost maziva proti stárnutí. Mazivo si má ponechat své vlastnosti. Mazací oleje působením vzduchu, světla i tepla se chemicky mění a vytvářejí slabé organické kyseliny a látky pryskyřičného charakteru, které se oddělují od oleje jako kal, nebo se plnidla z maziv vylučují.
- e) *tepelná stálost* – je schopnost maziv udržet mezní vlastnosti při různých teplotách.
- f) *tepelná odolnost* – je odolnost mazací vrstvy proti jejímu porušení vlivem teploty.
- g) *chemická netečnost* – k tvářenému materiálu a nástroji je jedním ze základních kritérií maziv. Často se stává, že použitá maziva vyvolávají korozi kovů.
- h) *snadné nanesení a odstranění na výchozí materiál* – snadné nanesení maziva závisí zejména na jeho viskozitě. Nesnadné odstranění maziva často nutí nepoužívat velmi účinných maziv.
- i) *hygienická nezávadnost* – nesmějí škodlivě ovlivňovat pracovní podmínky.
- j) *nízká cena* – je třeba uvažovat, zda výhody a technologické výsledky maziva plně vyváží náklady na jeho použití



2.3.2. DRUHY MAZIV A JEJICH POUŽITÍ

Použití určitého typu maziva závisí na tom, pro jaký materiál a technologii tváření má být mazadlo použito.

Základem jsou oleje kapalně, do nichž se ke zlepšování mazacích schopností přidávají vysokotlaké přísady. Oleje, především syntetické, jsou nejčastěji používanými mazivy pro možnost snadného nanášení. Nevýhodou je nutnost odmašťování. Oleje jsou buď čisté ropné cyklické s vysokotlakými přísadami nebo oleje rostlinné, živočišné oleje a tuky.

Olejové emulze, složené z olejů rozpustných ve vodě, se snadno odstraňují z povrchu výlisků, ale mají problémy s odmašťování po tepelném zatížení a s lepidly. V některých případech se používají vodné roztoky sodných nebo draselných mýdel.

Tuhá maziva (mastek, grafit) se používají jen při lisování za tepla. Např. grafit má vyhovující vlastnosti až do 800°C.

2.3.3. NANÁŠENÍ MAZIV

Nanášení maziva záleží na typu maziva, neboť každé mazivo je charakteristické svými užitnými vlastnostmi. Maziva lze rozdělit na tři základní druhy :

- 1) prací oleje
- 2) konzervační (dvoufunkční)
- 3) technologická (jednofunkční)

Použití pracích olejů má význam zejména při tažení výlisků karosářského typu, u kterých je požadována vysoká kvalita povrchu (např. z důvodu další úpravy povrchu lakováním).

Konzervační mazadla jsou nanášena na plech již u výrobce – v hutích. V dnešní době je kladen podstatně větší význam na jejich konzervační schopnost (primární funkce), než na schopnost mazací – technologickou (sekundární funkce).

Technologická mazadla jsou nanášena na přístřih až před vlastním tažením a dále dle mazacích plánů pouze na místa, kde chceme omezit vliv tření (přimazávání).



Nanášení mazadel se v praxi provádí třemi způsoby:

- 1) *nástříkem*** - pomocí mazacího zařízení, jenž tryskami rozprašuje požadované množství maziva na povrch substrátu .
- 2) *válečkem*** - u mazadel, která nelze nanášet nástříkem ani po jejich zředění. Mazadlo je vtlačováno tlakem o konstantní velikosti do dutého čepu. Ten je opatřen otvory vyvrtanými kolmo na osu otáčení a je potažen látkou či plstí. Mazadlo tak nasákne do potahu a je poté nanášeno na materiál.
- 3) *praním*** - před zpracováním přístřihů na výrobu výlisků, procházejí tyto nejdříve tzv. „pracími stroji“, kde se pomocí pracích olejů odstraňují veškeré nečistoty a též konzervační olej z hutí. Z pracích strojů získáváme plechy ošetřené vrstvou pracího oleje.

2.4. LEPENÍ KOVŮ

2.4.1. TECHNOLOGIE LEPENÍ /3,5/

Na základě teorie lepení můžeme určit tyto základní podmínky lepení: správná volba lepeného materiálu a lepidla, správný návrh konstrukce spoje, vhodná povrchová úprava materiálů, dodržování předepsaného postupu při lepení, utvoření fyzikálněchemických a jiných podmínek vzniku pevných vazeb. Při volbě materiálů na lepení se přihlíží na jejich chemickou povahu (chemické složení), polaritu, mechanické, povrchové, fyzikální a fyzikálněchemické vlastnosti. V případě lepidel jsou to: chemická povaha, viskozita lepidla, povrchově napětí, bod vzplanutí, způsob vytvrzování, tepelná roztažnost a mechanické vlastnosti.

Princip lepení a jeho pracovní postup se ve všeobecnosti skládá z přípravy povrchu lepených materiálů, přípravy lepidla, nanášení lepidla, montáže spoje a utvoření pevného spoje (např. vytvrzování). Kvalitu lepeného spoje můžeme ovlivnit: způsobem nanášení lepidla, tloušťkou nanesené vrstvy, podmínkami při vytvrzování (tlak, teplota, čas – i několik dní) použitím ultrazvuku, tepelného ovlivnění lepidla různými zdroji ohřevu (např. infračervený anebo laserový paprsek), přípravou povrchu materiálu a úpravou lepidla na jeho použití.



2.4.2. PŘÍPRAVA MATERIÁLŮ NA LEPENÍ

Podmínkami pro vytvoření kvalitního lepeného spoje, jsou především vhodná konstrukce spoje, vhodná volba kombinace lepený materiál – lepidlo, dodržení technologického postupu lepení a dokonalé mechanicko-fyzikální a chemické podmínky pro vznik pevných vazeb.

Jednotlivé fáze lepení:

a) Příprava spojovaného materiálu (adherendu) na lepení

Rozhodující úlohu má smáčivost adherendu lepidlem. Cílem úpravy povrchu adherendu před lepením je dosáhnout maximální možné smáčivosti.

Fyzikální operace: broušení, kartáčování, smirkování, pískování, obrábění, ozařování, ultrazvukové čištění, polarizace oxidačním plamenem.

Chemické operace: odmašťování tampónem, v Soxhletově přístroji, v parách či roztoku, nástřikem odmašťovadel; moření, fosfatizace, anodická oxidace, použití primeru.

b) Příprava lepidla

Způsob přípravy lepidla na lepení závisí na čtyřech základních faktorech:

- a) druhu lepidla – chemické struktury, počtu složek a fyzikálním stavu;
- b) stavu lepidla po uskladnění – době životnosti, doporučené teplotě;
- c) způsobu nanášení – velikosti a tvaru součásti, dostupných prostředků;
- d) způsobu vytvrzování – teplotě a tlaku

c) Nanášení lepidla

Nanášení je mezifází, která odděluje přípravné práce od vlastního vytvoření spoje. Je potřebné docílit souvislé a rovnoměrné vrstvy lepidla určité tloušťky.

d) Montáž spoje, vytvoření pevného spoje

Za pomoci vhodných přípravků se zafixují jednotlivé díly předepsaným kontaktním tlakem a vytvoří se fyzikální a chemické podmínky pro vznik pevných vazeb dokud neproběhne vytvoření adhezivního spojení (vytvrzování, odpaření rozpouštědla, polymerace atd.)

Zásady postupu volby lepidla

Nezákladnějším pravidlem pro výběr lepidla je požadavek, aby se lepidlo svými vlastnostmi co nejvíce přiblížilo lepeným materiálům, nebo musí představovat alespoň vhodný kompromis. Je nutné zvolit:



- a) které pevnosti lepených spojů jsou nejdůležitější při výběru lepidel z hlediska pevnosti
- b) které technologické vlastnosti jsou rozhodující z hlediska použití
- c) shrnout charakteristické vlastnosti nejdůležitějších lepidel na základě zmíněných kritérií

2.5. HODNOCENÍ LEPENÉHO SPOJE

Při zkoušení spojů se rozlišuje, zda jsou fyzikálně definované veličiny měřitelné na předložených materiálech nebo zda má být zjištěno komplexní chování při namáhání (např. pevnost lepeného spoje). Zatímco v první řadě se používají fyzikální zkušební metody, tak ve druhém případě se jedná o technologické zkoušky, pomocí nichž můžeme popsat namáhání lepených spojů v praxi.

Po zhotovení lepeného spoje se zkouší hlavně pevnost a ostatní mechanické vlastnosti. Tyto vlastnosti závisí od konstrukce a tvaru spoje, od materiálů, ze kterých se spoj skládá, od směru, způsobu a velikosti namáhání. Z uvedeného vyplývá, že zkoušek mechanických vlastností je hodně a ve své práci je uvádím pouze informativně.

2.5.1. ZKOUŠKY PRO HODNOCENÍ LEPENÝCH SPOJŮ

V praxi se zkoušky mechanických vlastností rozlišují na dvě hlavní skupiny

- destruktivní
- nedestruktivní

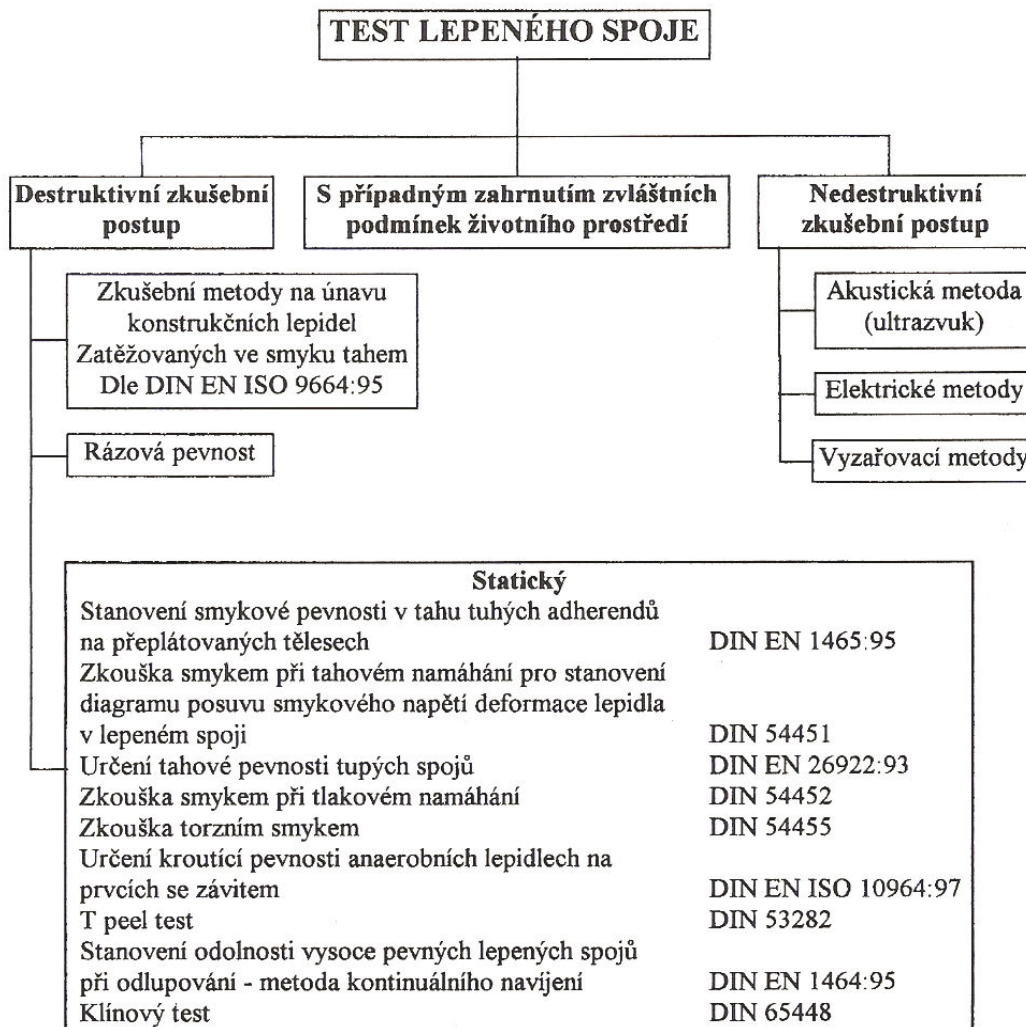
Destruktivní zkoušky se nejvýhodněji rozdělují do skupin dle charakteru zkoušek na metody:

- nerovnoměrného odtrhnutí (zkoušky spoje tuhých materiálů a zkoušky spojů, ve kterých je aspoň jeden substrát ohybný, respektive pružný)
- rovnoměrného odtrhnutí (zkoušky systému guma-kov, plast-kov, případně jiné kombinace)
- s využitím napětí ve smyku

Princip zatížením ve smyku se využívá při zkoušce pevnosti tuhých spojů překrývanými spoji. Smykové napětí působí v rovině spoje a vzniká při namáhání tahem, tlakem. Tato metoda se uplatňuje hlavně na plošné spoje.

K destruktivním zkouškám dále patří i únavové zkoušky.

Nejdůležitější rozdělení zkoušek lepených spojů je shrnuto na obr. 2.9.



Obr. 2.9: Rozdělení zkoušení lepených spojů

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. ZAMĚŘENÍ A CÍL PRÁCE

Cílem provedených laboratorních experimentů bylo stanovení smykové pevnosti lepeného spoje při specifických podmínkách kondicionování vzorků po nanesení vybraných maziv. Kondicionování zkušebních vzorků probíhalo na svisle zavěšených tělesech a zohledňovalo vliv doby na množství stékaného maziva. K experimentálnímu posouzení vlivu stékání maziv na pevnost byla použita zkouška dle normy VW PV12.05 (Lepidla. Určení smykové pevnosti v tahu pro strukturní lepidla) s upravenými podmínkami přípravy zkušebních vzorků. Tato norma zahrnuje specifické požadavky na testování lepených spojů v automobilovém průmyslu.

Posuzovány byly tři typy maziv a to: prací olej *Anticorit PL 3802-39 LV*, prelube *Anticorit PL 3802-39 S* a tažný olej *Renoform MCO 3802-SN*, které se obvykle používají v automobilovém průmyslu při lisování karoserií. Pro experiment byla zvolena doba kondicionování 5 minut, 1 hodinu, 24 hodin a 14 dní.

Pro testování bylo v rámci experimentu použito základního typu plechu a běžná lepidla používaná v automobilovém průmyslu pro stavbu karoserií automobilu. Konečné výsledky jsou prezentovány ve formě tabulek a grafických závislostí jednotlivých parametrů.

3.2. STANOVENÍ SMYKOVÉ PEVNOSTI PŘI ZATĚŽOVÁNÍ

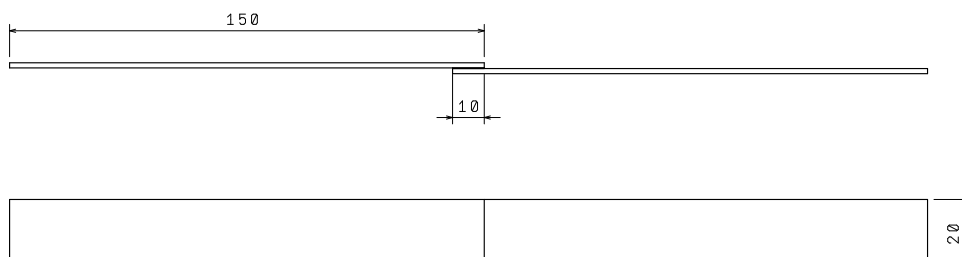
V TAHU DLE NORMY PV 12.05

Při tahovém namáhání vzorku dochází k působení sil ve směru jeho podélné osy. Vlivem přesazení plechů vzniká ohybové napětí, které namáhá lepenou vrstvu na tah, dochází tedy ke kombinovanému namáhání vzorku. Norma PV 12.05 tuto skutečnost předpokládá a pevnost ve smyku, toto přídatné ohybové napětí již v sobě zahrnuje.

Pro zjištění hodnot pevnosti ve smyku bylo nutné zjistit sílu potřebnou k roztržení jednotlivých vzorků. K tomuto účelu posloužilo statické trhací

zařízení TIRAtest 2300 s použitím tenzorové měřicí hlavy o rozsahu 0 až 10 kN. Pomocí software Labtest v 3.11 bylo možno přímo určit napětí ve smyku.

Pro každou podmínku a každé mazivo bylo zhotoveno pět zkušebních vzorků. Tvar a rozměry vzorků jsou patrné z obr. 3.1. (rozměry v mm)



Obr. 3.1: Tvar zkušebních vzorků dle PV 12.05

Pevnost ve smyku τ [MPa] se počítá podle vztahu (1)

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{S} \quad (1)$$

kde: τ je pevnost ve smyku při zkoušce tahem [MPa]
 F_{MAX} je maximální tahová síla působící na lepený spoj [N]
 S je plocha lepeného spoje [mm²]

Střední hodnota smykové pevnosti je vypočtena podle vztahu (2).

Ke každému průměru je dopočítána směrodatná odchylka s podle vztahu (3).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

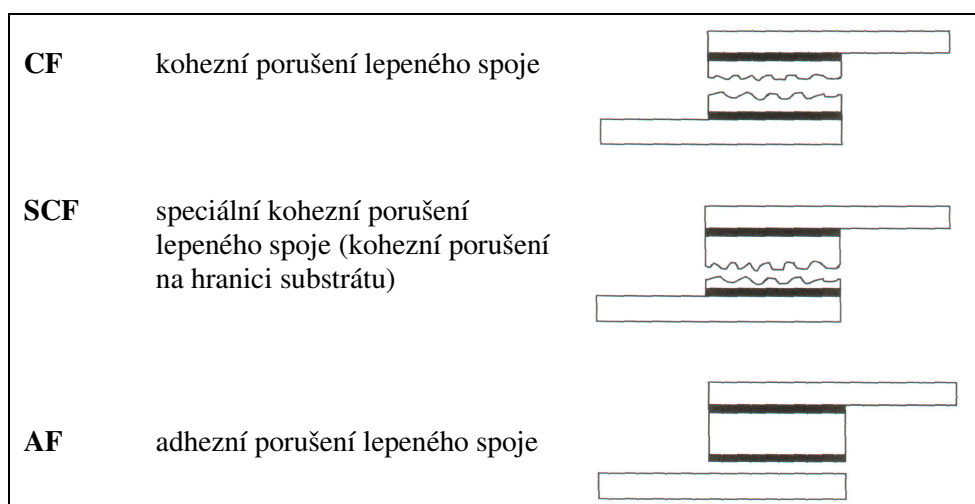
kde: x je aritmetický průměr smykové pevnosti,
 n je počet měření ($n = 4$),
 x_i je měřená hodnota každého zkušebního vzorku

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

kde: x_i je měřená hodnota každého zkušební vzorku
 \bar{x} je aritmetický průměr
 n je počet měření

3.3. VYHODNOCENÍ TYPŮ PORUŠENÍ LEPENÉHO SPOJE

Norma ČSN ISO 10365 popisuje všechny důležité typy porušení lepeného spoje, které mohou nastat. Zkouška jednoznačně neurčuje použití lepidel ani substrátů, lze ji tedy použít univerzálně. Hlavní typy porušení, a jejich označení jsou zobrazeny na obr. 3.2.



Obr. 3.2: Hlavní typy porušení u lepených spojů

Kohezní porušení lepeného spoje (CF), je porušení v lepidle. Adhezní porušení (AF) je porušení na rozhraní lepidlo / substrát.

3.4. POUŽITÉ MATERIÁLY

3.4.1. POUŽITÁ LEPIDLA

BETAMATE 1040 je jednosložkové epoxidové lepidlo pro karoserie. Lepidlo se využívá ke zvýšení životnosti a odolnosti při nárazu karosérie, má výborné vlastnosti pro automobilovou ocel včetně lakovaných ocelí:

- zvyšuje tuhost a stabilitu karoserie
- vysoká trvanlivost lepených spojů (životnost lepidla)
- chrání proti korozi

- kompatibilní s ostatními mechanickými nebo tepelnými spoji
- odolný proti vodě

Materiál se při okolní teplotě snadno čerpá. Vykazuje vynikající přilnavost k automobilové oceli, včetně povlakových ocelí, je odolné proti degradaci a substrátové korozi při venkovním stárnutí. Výrobek je přetvrditelný indukci a kompatibilní s elektrostatickým nanášením laků.

SikaPower 490/7 patří mezi jednokomponentní epoxi-hybridní lepidla. Lepidlo se využívá při slepování plechů mírně znečištěných olejem a nebo při lepení montáží v automobilním průmyslu a stavbě vozidel, vyztužování ploch, u lemových spojů, těsnění spojů a lepení v kombinaci s bodovým svařováním.

Corabond V je jednosložkové strukturální lepidlo na bázi kaučuku vyznačující se dobrou přilnavostí k povrchu a dobrou citlivostí k mazivům.

Materiálové listy jednotlivých lepidel jsou uvedeny jako přílohy.

3.4.2. POUŽITÁ MAZIVA

Pro experiment bylo zvoleno mazivo typu *Prelube*, konkrétně *Anticorit PL 3802-39 S*, to znamená ochranný antikorozi olej i tvářecí mazivo pro tváření.

Dále pak olej *Anticorit PL 3802-39 LV*, to znamená nízkoviskózní *prací olej* – ochranný antikorozi olej s tvářecími vlastnostmi, bez obsahu baria.

A také *tažný olej Renoform MCO 3802-SN*, to znamená tvářecí mazivo pro hluboké tažení povrchových dílů karosérií.

3.4.3. POUŽITÝ ZÁKLADNÍ MATERIÁL (SUBSTRÁT)

Pro experimentální zkoušky byl vybrán jako substrát jeden ze základních typů plechu používaných v automobilovém průmyslu pro stavbu karosérií automobilů. Jedná se o ocelový hlubokotažný plech s ochrannou povrchovou vrstvou zinku nanesenou na povrch plechu žárově (ponořením plechu do roztavené zinkové lázně) označovaný jako *HDG* (Hot Dip Galvanized).

Pro experimentální část byl vybrán plech *HDG* o tloušťce 0,8 mm.



3.5. PŘÍPRAVA VZORKŮ

Metodika přípravy vzorků nebyla vybrána náhodně, ale účelově s ohledem na další konkrétní použití lepeného spoje v automobilovém průmyslu, kde byly zohledněny podmínky dané použitím v praxi. Hlavně určuje nanesené vrstvy maziva na substráty, prodlevy mezi jednotlivými operacemi vytváření lepeného spoje a podmínky pro vytvrzování lepidel během kataforézního nanášení a sušení základního laku na karoserii.

a) Nastříhání plechů na vzorky

Vzorky byly nastříhány z plechu o tloušťce 0,8 mm na tabulových nůžkách na rozměry 150 ± 1 mm a šířku: $20 \pm 0,2$ mm, které jsou dány normou pro zkoušku pevnosti ve smyku VW PV 12.05. Po nastříhání vzorků byly odstraněny ostřížiny z okraje plechů z důvodů kvalitního spojení substrátů. Do plechů byly vyvrtány otvory pro zavěšení.

b) Označení vzorků

Na vzorky byla vyražena dvě číslíce, kde první udávala čas kondicionování a druhá určovala druh použitého maziva. Lepidla označena nebyla, protože je bylo možno rozeznat podle barvy.

Zároveň byly vzorky pomocí přípravku orýsovány ve vzdálenosti 10 mm pro snadnější zhotovení budoucího přeplátování a slepení substrátů právě na této vzdálenosti.

c) Odmaštění vzorků

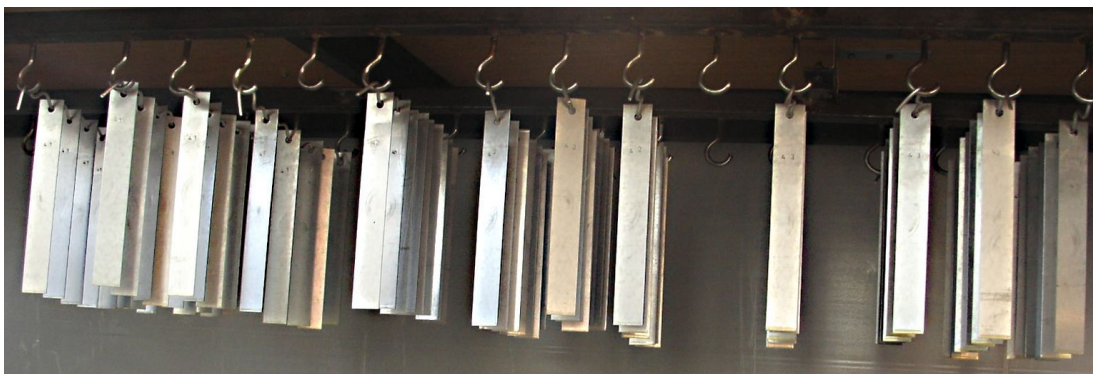
K ošetření plechu při skladování svitků a tabulí v hutích se používají konzervační maziva, bylo tedy nutné očištění a odmaštění vzorků. Nejprve byly vzorky očištěny od nečistot bavlněnou tkaninou a následně nadvakrát odmaštěny pomocí benzínu *TRICLEAN D 60*. Po odmaštění následovalo srovnání vzorků do skupin dle jednotlivých podmínek.

d) Nanesení požadované vrstvy maziva a kondicionování vzorků

Nanesení maziva bylo provedeno manuálně bavlněným hadrem, rovnoměrně po celém povrchu, kromě části kde byl vyvrtán otvor pro zavěšení vzorků. Pro experimentální měření byla všechna maziva nanesena

v množství 3 g/m². Následně byly vzorky dány do svislé polohy (viz obr. 3.3) a ponechány takto dle podmínek času kondicionování:

- 5 minut
- 1 hodinu
- 24 hodin
- 14 dnů



Obr.3.3: Vzorky dány do svislé polohy

Na obr. 3.4 můžeme vidět jak jednotlivá maziva v určitém množství стекла během 14 dní na plochu lepeného spoje.



1. Anticorit PL 3802-39/LV 2. Anticorit PL 3802-39S 3. Renoform MCO 3802-SN
obr.3.4: Vzorky po 14 dnech

e) Vlastní výroba vzorků

1) Vytvoření lepeného spoje

Na vzorky bylo nanášeno lepidlo ve formě tzv. housenky. Do ní se následně vložily distanční drátky v požadované tloušťce 0,2 mm pro přesné nastavení tloušťky lepeného spoje. Následně byly vzorky sesazeny přeplátováním a zajištěny svorkami. Tím byly vzorky připraveny k vytvrzení.



Obr. 3.5: Sesazení vzorků a zajištění svorkami

2) Prodleva

Při procesu lepení v praxi není lepený spoj vytvrzen ihned po slepení. Prodleva způsobená například jinými technologickými operacemi trvá přibližně jednu hodinu, proto se vzorky nechaly stejnou dobu před vytvrzením odležet. Tato doba také lepidlu umožňuje částečně absorbovat nanesené mazivo. Po uplynutí jedné hodiny následovalo vytvrzení v jedné vsázce.

3) Vytvrzení

Vlastní vytvrzení proběhlo v sušárně Venticell 222 od firmy BMT umístěné na katedře strojírenské technologie viz. obr. 3.6. Podmínky vytvrzování odpovídaly podmínkám, které jsou při technologii lepení dodržované v průmyslové praxi. Průběh teploty v sušárně byl nastaven tak, aby byla dodržena objektová teplota vytvrzování 180 °C po dobu 20 minut. Náběh na vytvrzovací teplotu trval 10 minut a celková doba, po kterou byly vzorky v sušárně, byla tedy 30 minut.



Obr. 3.6: Sušárna Venticell 222

4) Chladnutí

Po vyjmutí vzorků ze sušárny následovalo jejich zchladnutí při laboratorní teplotě a po té sejmutí fixačních svorek. Viz obr.3.7.



Obr. 3.7: Vzorky po vychladnutí a sejmutí fixačních svorek

f) Trhání vzorků

Smykové zkoušky připravených vzorků (trhání vzorků) byly provedeny na trhacím zařízení TIRAtest 2300 s použitím siloměrné snímací hlavy o rozsahu síly 0 až 10 kN. Viz obr.3.8. Kondicionování a zkoušky vzorků proběhly za standardních laboratorních podmínek.



Obr. 3.8: Trhací zařízení TIRAtest 2300

4. NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

Vyhodnocení jednotlivých lepidel při použití daných maziv a podmínek kondicionování je v následujících odstavcích.

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

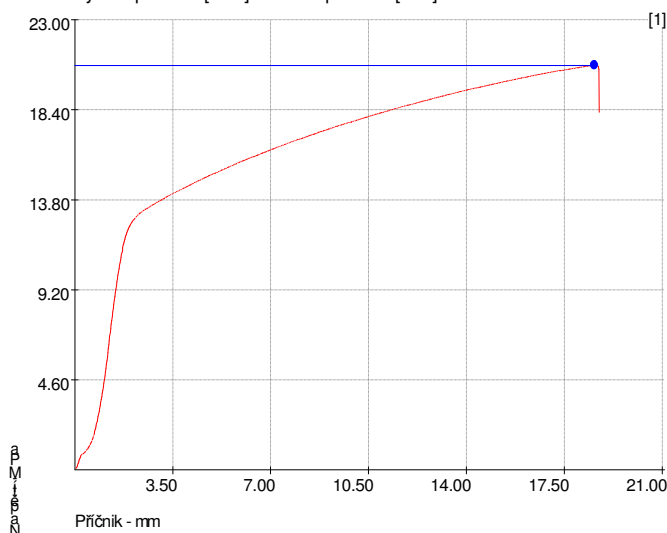
Testované lepidlo :	Betamate 1040
Testované mazivo :	Anticorit PL 3802-39/LV
Množství maziva :	3 g/m ² - prodleva 5 minut
Testovaný substrát :	HDG
Rychlost posuvu :	50 mm/min
Příprava vzorků :	Nanesení maziva, 5 minut prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků, 1 hodina prodleva, vytvrzování při 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	R _m MPa
1	20.66
2	20.37
3	20.65
4	20.49
5	20.70
x	20.57
s	0.14

Typ porušení [%]	CF SCF AF	100
---------------------	-----------------	-----

Graf: Smyková pevnost [MPa] -- Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Obr. 4.1: Vzor protokolu zkoušky smykové pevnosti v tahu dle PV 12.05

**4.1. BETAMATE 1040***Tab. 4.1 Pevnost ve smyku vzorků slepených lepidlem Betamate1040*

Betamate 1040			
Mazivo	podmínka	τ [MPa]	s [MPa]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	20,57	0,14
	1 hodina	20,31	0,15
	24 hodin	20,24	0,18
	14 dní	20,20	0,14
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	20,25	0,20
	1 hodina	20,04	0,18
	24 hodin	19,56	0,16
	14 dní	19,69	0,19
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	20,43	0,18
	1 hodina	19,93	0,16
	24 hodin	19,67	0,20
	14 dní	19,35	0,19

Kde: τ je smyková pevnost [MPa]

s je směrodatná odchylka [MPa]

Typ porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku:

Tab. 4.2 Typy porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku - lepidlo Betamate1040

Betamate 1040				
Mazivo	podmínka	druh porušení		
		SF [%]	CSF [%]	AF [%]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	100	0
	14 dní	0	100	0
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	95	5
	14 dní	0	100	0
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	95	5
	14 dní	0	100	0



4.2. CORABOND V

Tab. 4.3 Pevnost ve smyku vzorků slepených lepidlem Corabond V

Corabond V			
Mazivo	podmínka	τ [MPa]	s [MPa]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	11,38	0,18
	1 hodina	11,10	0,19
	24 hodin	11,23	0,15
	14 dní	11,18	0,18
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	11,12	0,20
	1 hodina	10,94	0,19
	24 hodin	10,82	0,15
	14 dní	10,52	0,19
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	11,14	0,18
	1 hodina	10,53	0,16
	24 hodin	10,60	0,17
	14 dní	9,89	0,18

Kde: τ je smyková pevnost [MPa]

s je směrodatná odchylka [MPa]

Typ porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku:

Tab. 4.4 Typy porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku - lepidlo Corabond V

Corabond V				
Mazivo	podmínka	druh porušení		
		SF [%]	CSF [%]	AF [%]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	95	0	5
	1 hodina	80	0	20
	24 hodin	95	0	5
	14 dní	80	0	20
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	90	0	10
	1 hodina	80	0	20
	24 hodin	95	0	5
	14 dní	75	0	25
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	80	0	20
	1 hodina	70	0	30
	24 hodin	75	0	25
	14 dní	60	0	40



4.3. SIKAPOWER 490/7

Tab. 4.5 Pevnost ve smyku vzorků slepených lepidlem SikaPower 490/7

SikaPower 490/7			
Mazivo	podmínka	τ [MPa]	s [MPa]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	19,68	0,14
	1 hodina	19,75	0,16
	24 hodin	19,61	0,14
	14 dní	19,85	0,19
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	19,67	0,20
	1 hodina	19,81	0,18
	24 hodin	19,75	0,16
	14 dní	19,86	0,22
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	19,73	0,18
	1 hodina	19,65	0,20
	24 hodin	19,68	0,19
	14 dní	19,66	0,22

Kde: τ je smyková pevnost [MPa]

s je směrodatná odchylka [MPa]

Typ porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku:

Tab. 4.6 Typy porušení vzorků po zkoušce pevnosti ve smyku - lepidlo SikaPower 490/7

SikaPower 490/7				
Mazivo	podmínka	druh porušení		
		SF [%]	CSF [%]	AF [%]
Anticorit PL 3802-39 LV	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	100	0
	14 dní	0	100	0
Anticorit PL 3802-39 S	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	100	0
	14 dní	0	100	0
Renoform MCO 3802-SN	5 minut	0	100	0
	1 hodina	0	100	0
	24 hodin	0	100	0
	14 dní	0	100	0

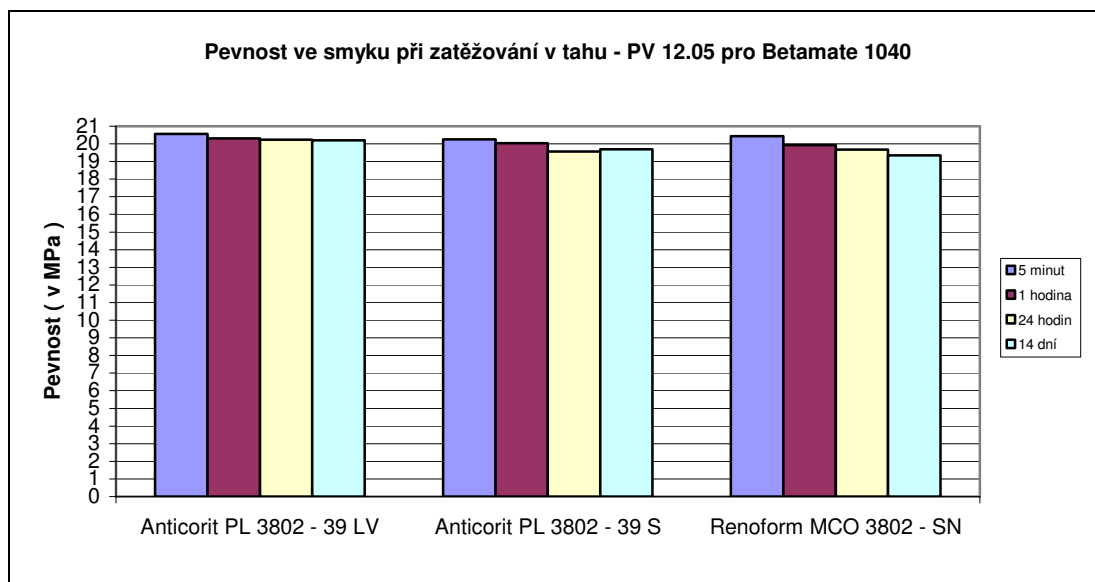
5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Z naměřených hodnot uvedených v tabulkách byly sestrojeny přehledné grafy pro posouzení vlivu stékání maziv na pevnost lepených spojů. Pro každou použitou kombinaci lepidla, maziva a podmínek kondicionování jsou sestrojeny grafy o souřadnicích [pevnost ve smyku τ , druh maziv, podmínka kondicionování] a dále grafy zachycující typ porušení v závislosti na konkrétních podmínkách.

5.1. HODNOCENÍ BETAMATE 1040

Z grafu na obr. 5.1 je patrné, že vliv stékání maziv v závislosti na době kondicionování měl minimální vliv na pevnost ve smyku při zatěžování v tahu. Rozdíly hodnot pevnosti u jednotlivých maziv, při daných podmínkách kondicionování, se pohybovaly v desetinách Mpa. Pevnost měla trend s delší dobou kondicionování klesat.

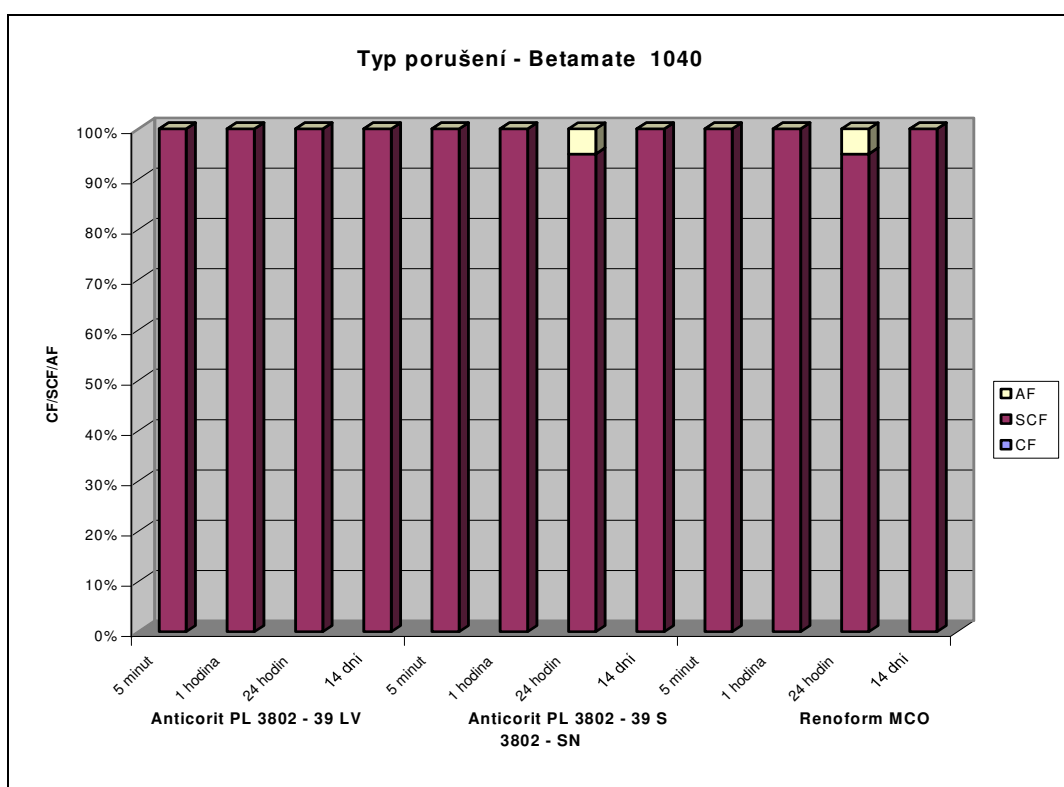
Největší rozdíly vlivu stečeného maziva v závislosti na době kondicionování na pevnost ve smyku se projeví u maziva *Renoform MCO 3802 – SN*.



Obr. 5.1 Graf pevnosti ve smyku lepidla Betamate 1040

Graf na obr. 5.2 ukazuje pro daný experiment typy porušení po zkoušce pevnosti smykem, kde typy porušení Betamate 1040 byly ve většině případů stejné – 100% smíšeného kohezního porušení (SCF).

Při použití *Anticoritu PL 3802 – 39 S* a *Renoformu MCO 3802–SN* při podmínce 24 hodin, byl vyhodnocen typ porušení – 5% adhezního porušení (AF) a 95% smíšeného kohezního porušení (SCF). Přičemž maximální doporučené přípustné zastoupení adhezního porušení (AF) bývá v praxi automobilového průmyslu okolo 10%.

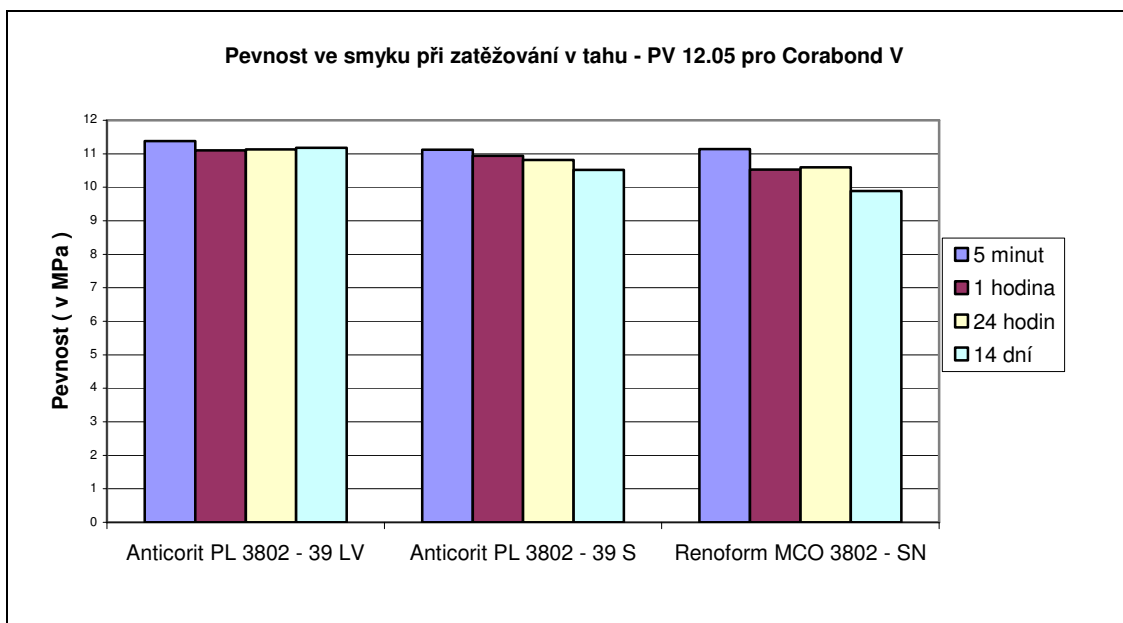


Obr. 5.2 Graf typů porušení po zkoušce smykem, Betamate 1040

5.2. CORABOND V

Z grafu na obr. 5.3 je patrné, že s delší dobou kondicionování dochází k výraznějšímu snižování pevnosti ve smyku, což poukazuje na větší citlivost tohoto lepidla na zvětšené množství maziva v lepené ploše.

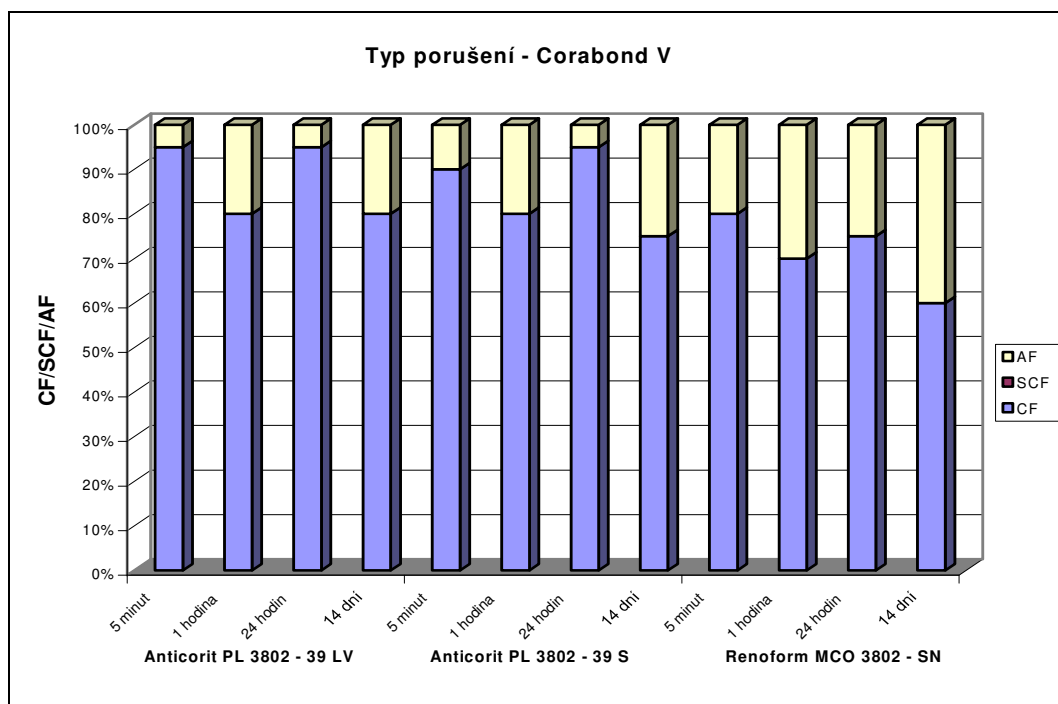
K největšímu poklesu pevnosti ve smyku vzhledem k době kondicionování a množství stečeného maziva došlo u maziva *Renoform MCO 3802-SN*.



Obr. 5.3 Graf pevnosti ve smyku lepidla Corabond V

Graf na obr. 5.4 ukazuje typy porušení po zkoušce pevnosti smykem. U *Corabondu V* jsou všechna porušení typu kohezní CF a adhezní AF v různém procentuálním poměru.

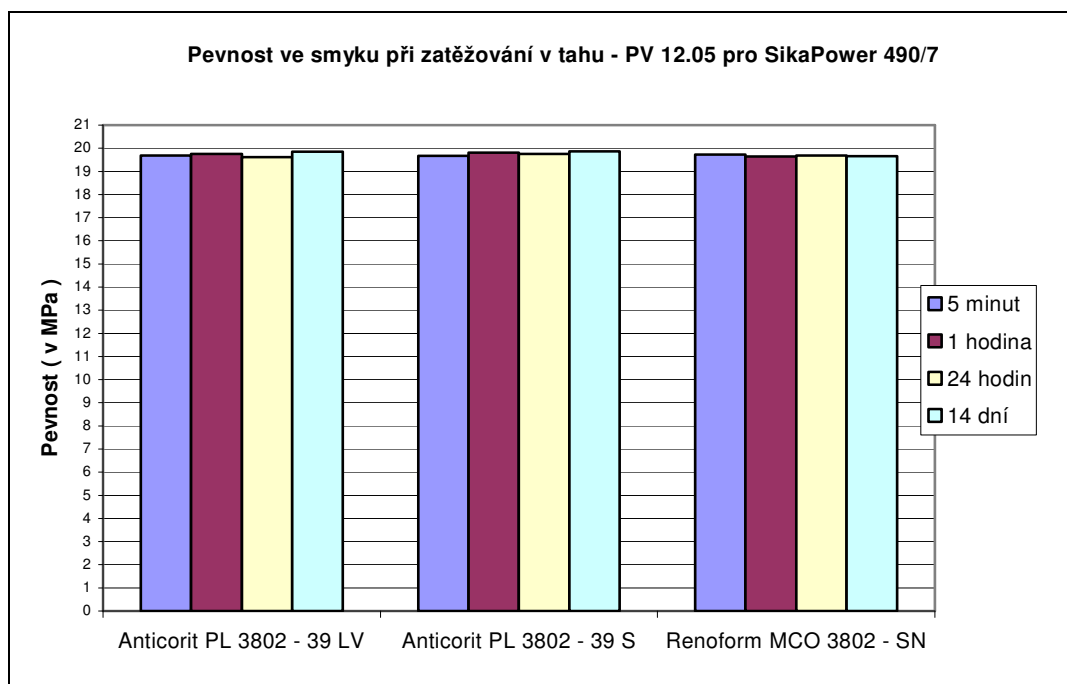
Z grafu lze také vyčíst, že největší vliv na lepidlo mělo mazivo *Renoform MCO 3802-SN*. U kterého je při podmínce 14 dní také největší adhezní porušení, které činí 40%.



Obr. 5.4 Graf typů porušení po zkoušce smykem, Corabond V

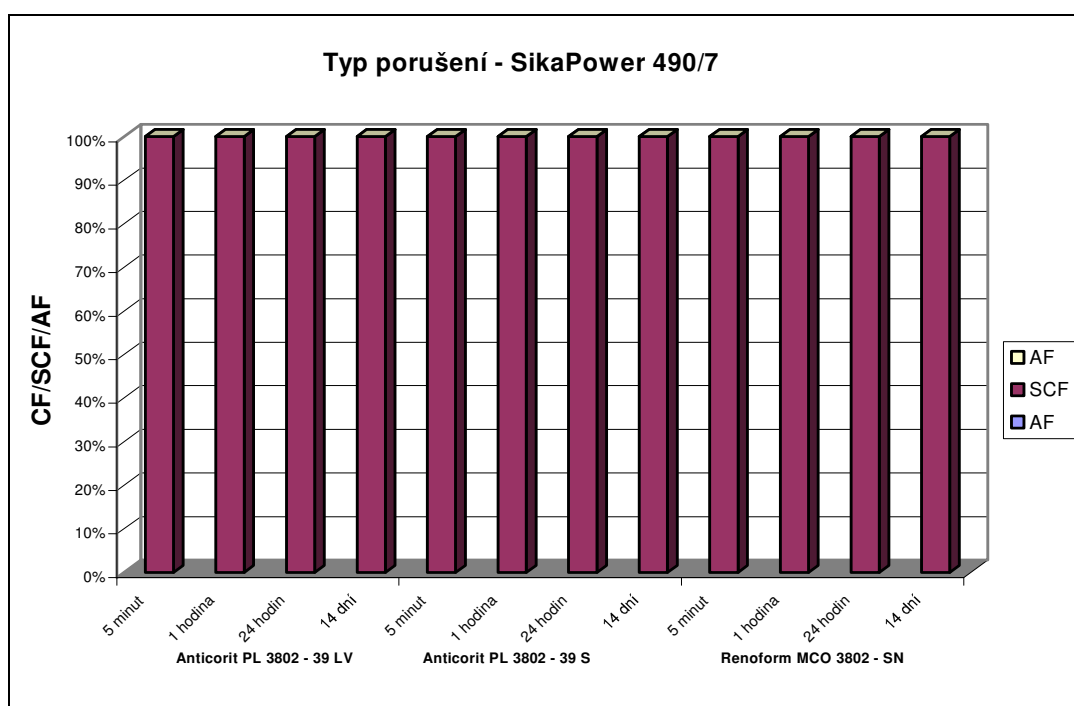
5.3. SIKAPOWER 490/7

Z grafu na obr 5.1 je patrné, že vliv stečeného množství maziva má ze zkoušených lepidel nejmenší vliv na pevnost ve smyku při zatěžování v tahu na lepidlo *SikaPower 490/7*. Rozdíly hodnot pevnosti u jednotlivých maziv a podmínek se pohybovaly v rámci směrodatných odchylek naměřených hodnot.



Obr. 5.5 Graf pevnosti ve smyku lepidla *SikaPower 490/7*

Graf na obr. 5.6 ukazuje, že typy porušení po zkoušce pevnosti smykem byla stejná pro všechny použité maziva a podmínky kondicionování - 100% smíšeného kohezního porušení (SCF).



Obr. 5.6 Graf typů porušení po zkoušce smykem, SikaPower 490/7



6. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo zjistit a vyhodnotit vliv stékání maziv v závislosti na době kondicionování zkušebních vzorků (rozmezí 5 minut až 14 dní) na smykovou pevnost lepeného spoje pro vybraná maziva (*Anticorit PL 3802-39 LV*, *Anticorit PL 3802-39 S* a *Renoform MCO 3802-SN*) a lepidla (*Betamate 1040*, *Corabond V* a *SikaPower 490/7*) používaná v automobilovém průmyslu ve stavbě karoserií automobilů.

Vzhledem ke skutečnosti, že v automobilovém průmyslu existuje mnoho metodik zkoušení pevnosti lepených spojů nebylo by technicky a obsahově možné je všechny zapracovat do této bakalářské práce. Proto bylo potřeba nejdříve jednu z metodik vybrat a posléze v této práci aplikovat. Jako hlavní kritérium byla zvolena statická smyková zkouška, která je nejobvyklejší a nejrozšířenější pro zjišťování vlastností lepidel, konkrétně zkouška dle VW PV 12.05, která zohledňuje specifika automobilového průmyslu. V souladu s touto výše uvedenou koncernovou normou VW byly zhotoveny vzorky, které byly dále zkoušeny po různé době kondicionování zkušebních vzorků zvolenými mazivy (od 5 minut až do 14 dnů).

Porovnávání zkoušených lepidel lze na základě výsledků experimentální části práce shrnout do následujících charakteristik:

Lepidlo *Betamate 1040* podávalo stabilně pevné spoje s vysokou pevností ve smyk, s menší citlivostí na dobu kondicionování a tím i na množství stečeného maziva na lepenou plochu, kdy nejvíce bylo citlivé na mazivo *Renoform MCO 3802-SN*. Při porušení praskalo převážně smíšeným kohezním lomem.

Při vyhodnocování lepidla *Corabond V* se dospělo k závěru, že je z testovaných lepidel nejvíce citlivé na dobu kondicionování a druh stečeného maziva. Tato skutečnost je nejspíše způsobena zcela odlišným charakterem lepidla, kdy se u kaučukového lepidla uplatňuje vulkanizace a pravděpodobně je toto lepidlo citlivější na druh použitého maziva a jeho naneseného množství na substrát. Nejvíce citlivé bylo na mazivo *Renoform MCO 3802-SN*, kde docházelo k největším rozdílům pevnosti ve smyku. Typ porušení lepeného spoje byl vždy v různém procentuálním poměru kohezně-adhezní.

Lepidlo SikaPower 490/7 se svými pevnostními hodnotami velice přibližovalo *Betamate 1040* a ze zkoušených lepidel se jevílo jako nejméně citlivé na typ a množství stečeného maziva v závislosti na době kondicionování. Výhodou lepidla *SikaPower-490/7* byl 100% podíl smíšeného kohezního porušení při smykové zkoušce.

Do výsledků zkoušek mohlo zasahovat mnoho faktorů ovlivňujících jak výsledné hodnoty pevnosti, tak i výsledný typ porušení. Důležitým faktorem bylo mazivo, které ovlivňuje chemické složení lepidel a bylo nanášeno v množství 3 g/m².

Každé použité mazivo má různou viskozitu což ovlivňuje stékavost maziv jak můžeme vidět na obr.3.4. Dle hodnot výrobce má *Anticorit PL 3802-39 LV* viskozitu nejnižší a *Anticorit PL 3802-39 S* ji má mírně vyšší. *Renoform MCO 3802-SN* má viskozitu nejvyšší a ze všech použitých maziv stéká nejpomaleji. Proto ho nejspíše zůstalo na přeplátované ploše spoje největší množství a tak měl největší negativní vliv na pevnost použitých lepidel.

Lze konstatovat, že při experimentu se vliv stékání maziv v důsledku kondicionování vzorků s nanesenými mazivy zavěšením ve svislé poloze na smykovou pevnost lepeného spoje projevil jen v poměrně malé míře. Nejspíše to bylo způsobeno tím, že se velká část stečeného maziva shromáždila na okraji plochy pro přeplátovaný spoj a při vzájemném slepení vzorků se velký podíl maziva vytlačil z lepené plochy. Metodika, kdy jsem zkoumala vliv doby kondicionování a tedy stékání maziv přímo na zkušebních tělesech dle normy VW PV 12.05, se jeví z výše uvedených důvodů jako nepříliš vhodná.

Jedním z výsledků práce je tedy doporučení, aby byla pro stanovení vlivu stékání maziv na pevnost lepeného spoje zvolena jiná metodika, taková u které by se nevyskytovalo nerovnoměrné rozložení maziva v lepené ploše a potlačilo se tak vytlačení maziva z lepené plochy při vlastním lepení. Nabízí se možnost upravit metodiku zkoušení smykové pevnosti tak, že by se nejprve zjistilo množství maziva, které by steklo za danou dobu do prostoru, kde se vytváří přeplátovaný spoj a toto množství maziva by se poté rovnoměrně nanášelo na nový vzorek. Tímto způsobem by se vliv doby kondicionování ve svislé poloze určoval nepřímou, dle vlivu odpovídajícího množství maziva na pevnost lepeného spoje. Další z možností by mohlo být



použití lemového spoje, u kterého by mazivo steklo do lemu, kdy lze předpokládat menší množství vytlačeného maziva mimo spoj.

Závěrem lze konstatovat, že technologie lepení je progresivní technologií spojování materiálů a v budoucnosti si ještě více upevní své místo díky výzkumu a vývoji nových typů lepidel. V případě stavby karoserií nachází technologie lepení stále větší uplatnění. Snížení hmotnosti vede k úsporám pohonných hmot. Využití lepení urychluje výrobní proces, využívá jednodušších zařízení a tím se stává ekonomičtějším ve srovnání se svařováním. Nižší energetická náročnost lepení, v porovnání se svařováním je též faktorem pro zvyšování podílu lepených spojů ve stavbě karoserií automobilů. Pro úspěšné používání lepidel v praxi je důležitá znalost technologie lepení, technologických vlastností používaných lepidel a dalších faktorů, které lepený spoj přímo i nepřímo ovlivňují jako např. doba vytvrzování, teplota vytvrzování, druh použitého plechu (rozdílné úpravy povrchu) a mazivo. Právě tyto různé faktory v kombinaci s různými používanými lepidly, činí problematiku testování kvality lepených spojů poměrně složitou, a vyžadují další prohlubování znalostí o vlivu jednotlivých faktorů a jejich kombinací na vlastnosti těchto lepených spojů.



SEZNAM LITERATURY

- [1] PETERKA, J.: *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. SNTL Praha 1980.
- [2] KOVAČIČ, L.: *Lepenie kovov a plastov*. SNTL Praha 1980.
- [3] MELEŽÍNEK, O.: *Lepení kovů ve strojírenství*. SNTL. Praha 1961.
- [4] HISEM, P.; ELISOVÁ, L.: Využití lepení ve stavbě automobilových karoserií. *Tématický magazín, Svařování - dělení – spojování materiálů*. TM vydavatelství. Praha 5/2003, s. 32, ISSN 1212 - 40444.
- [5] Veřejně dostupné prameny z internetu: <http://oblibene.cz/lepidla/>
- [6] KOLEKTIV AUTORŮ.: *Lisování*. SNTL Praha 1971.
- [7] ŠTĚPINA, V.; VESELÝ, V.: *Maziva v tribologii*. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied 1985
- [8] Technický informační list: www.fuchs-oil.cz
- [9] Technický informační list: www.sika.cz
- [10] HROBSKÝ, D.: *Vliv parametrů vytvrzování na pevnost lepeného spoje při lepení karosářských plechů* (Diplomová práce) Liberec 2005, TU Liberec
- [11] ČSN EN 1465 - Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech. ČNI, Praha, 1997.
- [12] ISO 10365 – Označení hlavních typů porušení lepeného spoje. ČNI, Praha, 1995.
- [13] PV 12.05 - Bestimmung der Zugscherfestigkeit für Bördelnaht und Strukturklebstoffe, Volkswagen AG, 2003.



7. Seznam příloh:

Příloha 1: VW norma PV 12.05 (překlad)

Příloha 2: Materiálový list lepidla *Betamate 1040*

Příloha 3: Materiálový list lepidla *Corabond V*

Příloha 4: Materiálový list lepidla *SikaPower-490/7*

Příloha 5: Materiálový list maziva *Anticorit PL 3802- 39 S*

Příloha 6: Materiálový list maziva *Renoform PL 3802- SN*

Příloha 7: Materiálový list maziva *Anticorit PL 3802-39 LV*

Příloha 8: Typy porušení u jednotlivých lepidel

VW norma PV 12.05 (překlad)

Lepidla

Určení pevnosti ve smyku pro lepidla lemových svarů a strukturních lepidel

Hlavní heslo: Lepidla, pevnost ve smyku, lepidlo lemových svarů, strukturních lepidlo

Změny:

Oproti VW PV 12.05: 1979-01 byly učiněny následující změny:

- nové členění normy
- omezení rozsahu použití normy

Předchozí vydání

1979-01

1 Rozsah použití

Tato norma je používána ve VW (značka Volkswagen). Popisuje postup pro zjištění pevnosti ve smyku jednostřížně překrytých lepidel při zatížení tažnou silou.

2 Označení

Pevnost ve smyku podle VW PV 12.05

3 Postup testování

Testovací zařízení a pomůcky

- Zařízení na testování tahu
- Testovací plechy: 150 mm x 20 mm
- Klimakomora (pro změnu klimatu) podle DIN 50017
- Laboratorní cirkulační kamna
- Chladicí skříň (nejméně -35 °C)
- Lepidlo
- Olej (Prelube popř. tažný prostředek sériové kvality nebo Anticorit 4107 S, Fa Fuchs)
- Distanční držák (kovový drát o průměru 0,2 mm – 0,3 mm)

Provedení

Povrchová úprava

Olejové nečistoty , znečištění apod. odstraňte suchou tkaninou. Následuje vyčištění zkušební plechy tkaninou nepouštějící nitky namočenou do čistícího benzínu. Tento postup se nejméně 2x opakuje (s čistou látkou). Vyčištěny jsou obě strany plechů. Poté následuje poolejování zkušebního tělesa olejem Prelube popř. tažným prostředkem v poměru 1:2 nebo s Anticorit 4107S (Fuchs) (3g/m²).

Výroba zkušebního tělesa

Na podložku se položí min. 3 předpřipravené (viz odst. 3.2.1) zkušební pruhy. Na lepené plochy se rozetře špachtlí dostatečné množství lepidla. Pro dosažení konstantní vrstvy se položí na rozetřené lepidlo měděný drát ve tvaru „S“. Následuje umístění zkušebních pruhů, které jsou podepřeny za účelem dosažení rovinné dosedací plochy distančními plechy o síle 1 mm. Přebytečné lepidlo se odstraní. Při tvrdnutí se zafixují lepené plochy lepicí páskou nebo svorkami.

Podmínky pro testování

- lepená plocha: 2 cm²
- šíře překrytí – 20 mm
- délka překrytí 10 mm
- síla vrstvy 0,2 mm
- délka upnutí 150 mm
- testovací rychlost 50 mm/min

Vytvrdnutí

- Pro KTL závar 180 °C teplota objektu
- Postup A: 30 min při 180 °C
- Postup B: 30 min při 180 °C, poté 10 min při 230 °C
- Postup C: 15 min při 130 °C, poté 30 min při 180 °C, poté 10 min při 230 °C (kamna)
- Pro KTL závar (low bake) 180 °C teplota objektu
- Postup D: 25 min při 155 °C
- Postup E: 25 min při 155 °C, poté 10 min při 210 °C
- Postup F: 15 min při 130 °C, poté 30 min při 155 °C, poté 10 min při 210 °C (kamna)

Test pevnosti smyku

2 hodiny po vytvrdnutí se zkušební tělesa zatěžují následujícím způsobem:

- a) měření při (23 plus minus 2) °C
- b) měření po skladování déle než 24 h v sušičce při +80 °C
- c) měření po skladování déle než 24 h chladicím boxu při -35 °C
- d) měření po 10 kolech klimatu kondenzační vody DIN 50 017 SK
- e) měření po 30,60 a 90 cyklech dle PV 1210, zkouška pevnosti smyku se provádí po 24 h po vyjmutí z klima komory

Zkušební zpráva

Ve zkušební zprávě se udávají hodnoty v MPa

Následující hodnoty musí být uvedeny ve zprávě:

- druh, výrobce lepidla, distanční držák (d)
- podmínky vypalování
- rozličná klimatizační podmínky dle odstavce 3.2.5 x) s pevností smyku v MPa
- vyhodnocení vzhledu lomu podle DIN ISO 10365

- popis další zvláštností vzhledu lomu

4. Související dokumenty

PV 1210	Karoserie a montážní díly: test karoserie
DIN 50 017	klimata a jejich technické vyhodnocení: klimata kondenzační voda
DIN EN ISO 7500-1	kovové materiály – zkouška testovacích zařízení pro statické jednoosé zatížení, díl 1 : testovací stroje na tah a tlak, testování a kalibrace siloměrných zařízení
DIN EN ISO 10365	lepidla, označení důležitých vzhledu lomu

Lepidlo Betamate 1040 (překlad materiálového listu)

Popis výrobku/použití:

Betamate 1040 je jednosložkové lepidlo pro karoserie . Lepidlo se využívá ke zvýšení životnosti a odolnosti při nárazu karosérie.

Vlastnosti:

Lepidlo má výborné vlastnosti pro automobilovou ocel včetně lakovaných ocelí

- zvýšuje tuhost a stabilitu karoserie
- vysoká trvanlivost lepených spojů (životnost lepidla)
- chrání proti korozi
- kompatibilní s ostatními mechanickými nebo tepelnými spoji
- odolný proti vodě ,

Vytvrzované teplem. Materiál se při okolní teplotě snadno čerpá. Vykazuje vynikající přilnavost k automobilové oceli, včetně povlakových ocelí, je odolné proti degradaci a substrátové korozi při venkovním stárnutí. Výrobek je přetvrditelný indukci a kompatibilní s elektrostatickým nanášením laků.

Použití:

Optimální teplota skladování lepených dílů je 15 °C nebo vyšší. V případě, že přestávka při aplikaci je delší než 30' je nutno lepidlo uzavřít.

Technická data:

Základ	epoxidová pryskyřice
Barva	zelená
Hustota	1,25 g/ml při 23 °C
Obsah pevných složek	>99%
Bod vzplanutí	>150 °C
Podmínky vytvrzování	>140 °C/30 minut
Standardní podmínky	180 °C/30 min
Pevnost v tahu (DIN EN ISO 527-1)	42 MPa
Prodloužení při zlomu (DIN EN ISO 527-1)	přibližně 6%
Modul elasticity (DIN EN ISO 527-1)	2200 MPa
Smyková pevnost (DIN EN 1465)	28 MPa (tloušťka spoje 1,5 mm)
Odolnost proti olupování	8 N/mm
Odolnost olupování při úderu	23 N/mm

Příprava povrchu

Materiál byl navržen tak, aby toleroval zaolejování povrchu do 5g/m²

Aplikace

Kartuše: Ruční nebo pneumatická pistole s mechanickým pístem.

Sudy: je doporučen vyhřívaný čerpací systém s automatickým aplikátorem.

Čištění	Nevytvrzené zbytky lepidla je možné odstranit přípravkem BETACLEAN 3510.
----------------	--

Skladovatelnost	Přípravek je reaktivní jednosložkové lepidlo a jako takové má omezenou životnost. Jeho skladovatelnost je závislá na skladovací teplotě, chladný sklad prodlužuje jeho životnost. Výrobek lze skladovat při teplotě 30 °C asi 3 měsíce od data výroby (datum výroby viz. na obalu).
------------------------	---

Balení	100 a200 kg sud (materiál PE, opakovaně použitelný) PE nádoby 20,25 kg, 45 kg (opakovaně použitelné) Kartuš 0,36 kg
---------------	---

Varování

Pryskyřice v lepidle jsou obecně neškodné, při manipulaci je nutné dodržovat obecná bezpečnostní opatření pro práci s chemikáliemi. Nevytvrzený materiál nesmí například přijít do styku s potravinami nebo nádobím a měly by být provedeny preventivní opatření pro zabránění styku s pokožkou, protože může mít určitý vliv na lidi se zvláště citlivou pokožkou. Užití odolných gumových nebo podobných rukavic by mělo být nezbytné, podobně jako užití ochrany očí. Pokožka musí být důkladně čištěna a na konci každé pracovní periody omyta mýdlem a horkou vodou.

CORABOND V

Popis výrobku / Použití:

CORABOND V je jednosložkové strukturální lepidlo ze syntetického kaučuku, používané pro lepení karosářských plechů.

Fyzikální vlastnosti:

Základ	syntetický kaučuk
Barva	černá
Hustota	1,57 g/cm ³ +/- 0,03 (20°C)
Obsah pevných složek	> 99%
Podmínky vytvrzování	160 až 200°C / 30 min
Viskozita	270 +/- 0,03 s
Index toku	2,86 bar,(20 g, 2,6 mm tryska)
Smyková pevnost	ca. 13 MPa (tloušťka 0,2 mm, 50 mm/min, vytvrzení 30 min / 180°C)

SIKAPOWER – 490/7

Popis výrobku / Použití:

SikaPower 490 je lepidlo určené ke strukturálnímu lepení především v automobilovém průmyslu. Jde o kombinaci polyuretanu a epoxidu, z čehož plyne pružnost (polyuretan) a zároveň vysoká pevnost (epoxid) a dobrá přilnavost i bez předúpravy lepeného povrchu (epoxid).

Lepidlo je určeno pro lepení plechů v automobilovém průmyslu, jejich spojování, zesílení konstrukce a k ochraně proti korozi.

Vlastnosti:

- Jednosložkové
- Vysoká pevnost
- K lepení oceli, pozinkovaných plechů, hliníku
- Dobrá adheze ke kovovým materiálům znečištěným oleji
- Neobsahuje rozpouštědla

Fyzikální vlastnosti:

Základ	epoxidová prysk. / PUR
Barva	černá
Obsah pevných složek	> 99%
Velikost složek	< 100 µm

Hustota	ca. 1,25 g/cm ³
Doporučená teplota aplikace	55 – 60°C
Viskozita	ca. 400 Pas (50°C, 1 mm tryska, P/P 25 mm)
Podmínky vytvrzování	180°C / 30 min (doporučené)
Smyková pevnost (EN 1465)	ca.20 MPa (0,3 mm, DC 04 ZE 75/75)
Smyková pevnost (EN 1465)	(DC 04 75/75)
20 min / 160°C	ca. 20 MPa (0,3 mm)
60 min / 200°C	ca. 20 MPa (0,3 mm)
Pevnost v tahu (ISO 527)	ca. 33 MPa (2 mm/min)
Tažnost (ISO 527)	ca. 10%
Odolnost proti odlupování (ISO 11339)	ca. 8 N/mm (100 mm/min)

Poznámka: Substráty byla mazané olejem Anticorit RP 4107 S v množství 2 g/m

Produkt- I N F O R M A C E



ANTICORIT PL 3802-39 S

PI 3-4211

Popis

ANTICORIT PL 3802-39 S je olej typu Prelube, to znamená ochranný antikorozní olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách.

ANTICORIT PL 3802-39 S se vyznačuje následujícími speciálními vlastnostmi:

- bezpečná antikorozní ochrana i za extrémních klimatických podmínek
- optimální tvářecí výkon i pro obtížné tahy
- vhodnost pro zušlechťené plechy (Z, ZE, ZNE, ZF, fosfátované i nefosfátované), jakož i pro normální ocelové plechy
- snadná odstranitelnost i po stárnutí a tepelném zatížení
- kompatibilita se všemi běžnými lepicími systémy při výrobě automobilů
- vysoká snášenlivost s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů
- nezatežuje pracovní prostředí díky základovému oleji bez obsahu těžkých kovů a halogenů a s nízkým obsahem aromátů.

ANTICORIT PL 3802-39 S se používá převážně jako konzervační olej v ocelárnách, může však být nanesen i jako tvářecí látka bezprostředně před tvářením.

Použití

Nanášení lze provádět všemi způsoby nástřiku (přednostně elektrostaticky) ale také naválcováním.

Doporučená pracovní teplota pro nástřik a filtraci je 40 - 65 °C.

Jako u všech tixotropních látek může dojít po delší době skladování k lehkému usazování látek, zajišťujících tixotropní účinky.

ANTICORIT PL 3802-39 S je skladovatelný v uzavřeném originálním balení při teplotě 5 - 40 °C minimálně 5 let.

Charakteristika

Vlastnost	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Číslo barvy	-	3,5	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m ³	915	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	60	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	196	DIN ISO 2592
Obsah vody	% hmotnosti	< 0,2	DIN 51 777-2
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátů v základovém oleji	% hmotnosti	< 7	Zkušební metoda VN čís. TML 1 *)
Antikorozní vlastnosti (St 1405)			
Kondenzační komora	h	200	ASTM D 1748
Klimatická komora	cykly	> 20	DIN 51 386-1
Solná komora	h	24	DIN 50 021 SS

*) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

Produkt- I N F O R M A C E



RENOFORM MCO 3802 - SN

PI 2-4131

Olej pro hluboké tažení povrchových dílů karoserií (Spot Lubricant)

Popis

RENOFORM MCO 3802-SN je vodou nemísitelné tvářecí mazivo (Spot Lubricant) obsahující ropný olej, polární a EP-přísady.

RENOFORM MCO 3802-SN vytváří při nanášení postřikem jen velmi málo olejové mlhy.

Mazivo RENOFORM MCO 3802-SN je snášlivé s Prelube nebo antikorozními oleji nanesenými ve válcovnách a s pracími oleji na mytí plechových tabulí. Je snášlivé s dnes běžnými konstrukčním lepidly, lepidly na lemové spoje a s moderními katarforetickými mačecími laky. Splňuje dnešní požadavky kompatibility procesu lisování, montáže a lakování.

RENOFORM MCO 3802-SN se používá především na tažení a hluboké tažení karosářských plechů pro střední až obtížné stupně přetváření.

RENOFORM MCO 3802-SN je vhodný pro všechny jakosti plechů, také pro pozinkované a pohlínkované. Zbytkový film po tažení chrání zhotovené díly během skladování před korozi.

RENOFORM MCO 3802-SN je schválen některými výrobci motorových vozidel jako olej pro hluboké tažení. Pracovní skupinou VDA „Prelube“ byl vybrán pro všeobecné použití při pokusech v dodavatelských lisovnách jako Spot Lubricant.

Přednosti

- **snadné nanášení všemi mazacími systémy,**
- **nezanechává téměř žádné zbytky,**
- **snášlivý se všemi kovovými a s většinou nekovových materiálů,**
- **neobsahuje aromáty,**
- **toxikologicky nezávadný.**

Použití

RENOFORM MCO 3802-SN se nanáší v tenké vrstvě, nejvýhodnější je nanášení postřikovým systémem. Stupeň namazání by neměl překročit 3g/m².

RENOFORM MCO 3802-SN je odstranitelný vodnými alkalickými čisticími prostředky. Doporučujeme použít průmyslové čisticí prostředky RENOCLEAN.

Podmínky skladování:

Skladovat v rozmezí teplot od 0 do + 40 °C.

Charakteristika

Vlastnosti	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Vzhled	-	světlá, čirá kapalina	-
Číslo barvy	-	7,0	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m ³	924	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	100	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	142	DIN ISO 2592
Bod tuhnutí	°C	- 9	DIN ISO 3016
Odstranitelnost	odmaštění	bez mastnot	P-VW 52.02

Produkt- I N F O R M A C E



ANTICORIT PL 3802-39 LV

PI 3-4200

Popis

ANTICORIT PL 3802-39 LV je nízkoviskózní olej typu Prelube - ochranný antikorozní olej s tvářecími vlastnostmi, bez obsahu baria.

ANTICORIT PL 3802-39 LV poskytuje velmi dobrou odolnost při venkovním skladování pod střešou (přístřeškem), v klimatické komoře a v kyselé atmosféře, zejména na citlivých površích pásové oceli válcované za studena.

ANTICORIT PL 3802-39 LV je snadno odstranitelný neutrálními a alkalickými čistícími prostředky. Na svislých plochách vykazuje optimální stabilitu filmu.

ANTICORIT PL 3802-39 LV se používá především v pračkách na svitky k čištění a konzervaci pásové oceli válcované za studena.

Při hmotnosti filmu cca 2 g/m² mohou být tvářecí operace prováděny bez dalších přídavných maziv.

Použití

ANTICORIT PL 3802-39 LV lze nanášet nástřikem, ponořováním nebo naválcováním.

Je vhodný pro použití v běžných pračkách na svitky nebo na tabule.

Pro filtraci se doporučuje zahřátí produktu na minimální teplotu 40 °C.

Charakteristika

Vlastnost	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Zápach	-	mírný	-
Číslo barvy	-	4,0 kalné	DIN ISO 2049
Hustota	kg/m ³	890	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	17	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	150	DIN ISO 2592
Pevné nečistoty	% hmotnosti	< 0,05	DIN 51 592
Stékavost	-	vyhovuje	E 14 *)
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátů v základovém oleji	% hmotnosti	< 10	Zkušební metoda VM **)
Antikorozní vlastnosti (St 1405)			
Klimatická komora	cykly	> 12	DIN 50 017 KFW
Solná komora	h	24	DIN 50 021 SS

*) E 14 = zkušební metoda Adam Opel AG

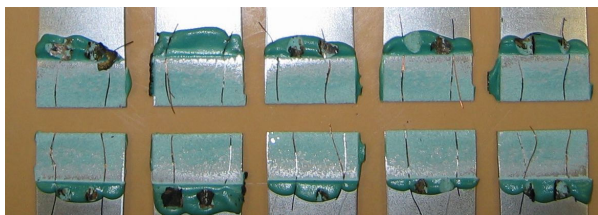
**) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

Příloha 8 str. 1/4

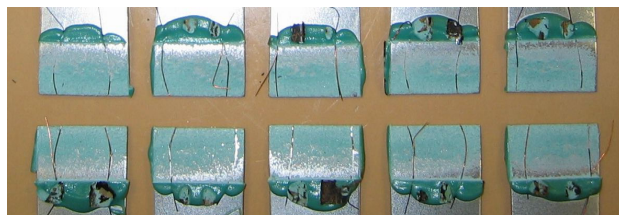
Betamate 1040

5 minut:

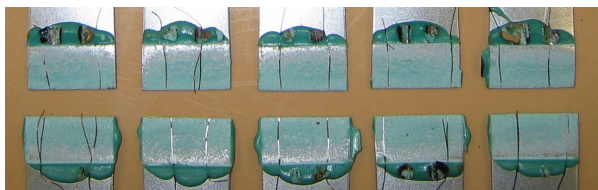
1.



2.



3.



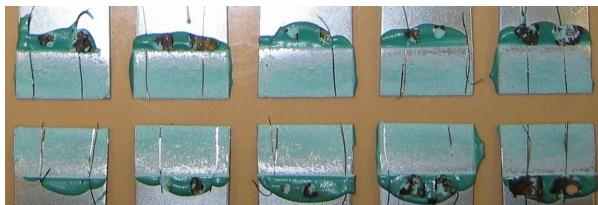
1. Anticorit PL 3802-39 LV

2. Anticorit PL 3802-39 S

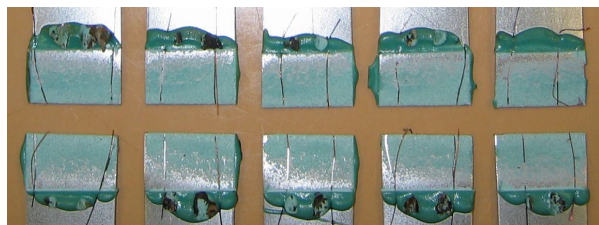
3. Renoform MCO 3802-SN

1 hodina:

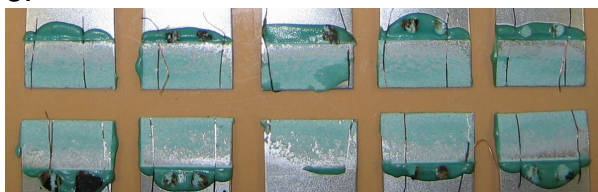
1.



2.



3.



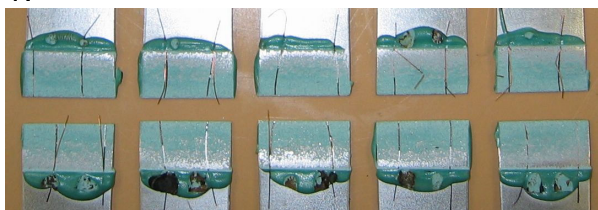
1. Anticorit PL 3802-39 LV

2. Anticorit PL 3802-39 S

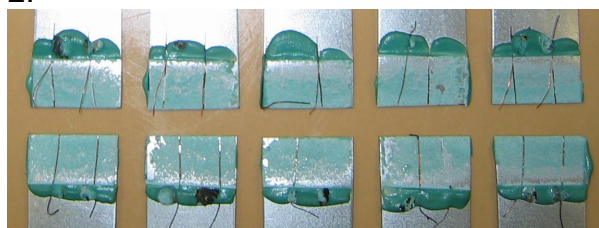
3. Renoform MCO 3802-SN

24 hodin:

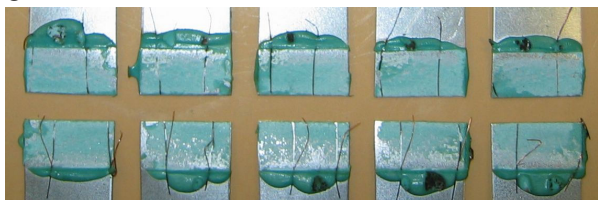
1.



2.



3.



1. Anticorit PL 3802-39 LV

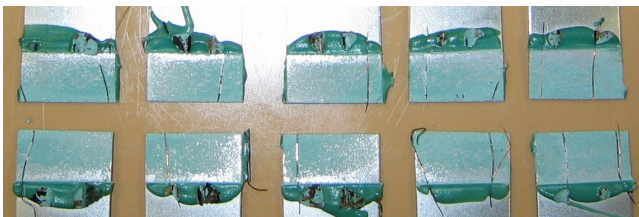
2. Anticorit PL 3802-39 S

3. Renoform MCO 3802-SN

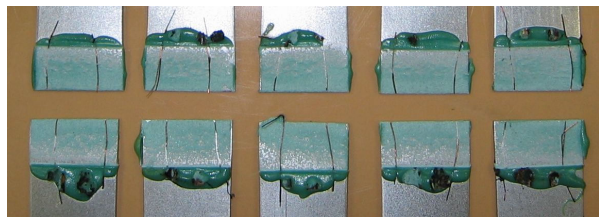
Příloha 8 str. 2/4

14 dní:

1.



2.



3.

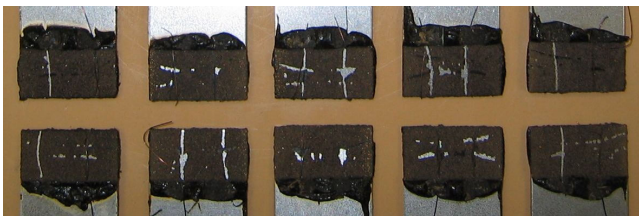


- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

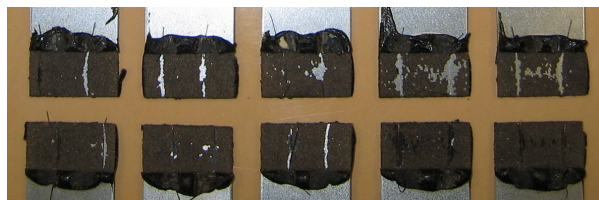
Corabond V

5minut:

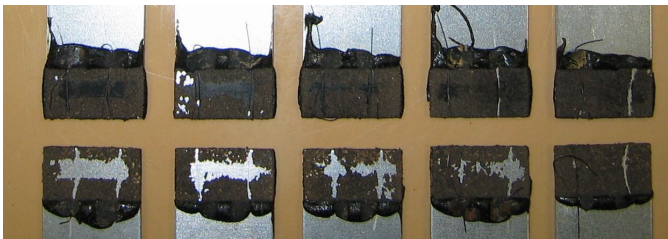
1.



2.



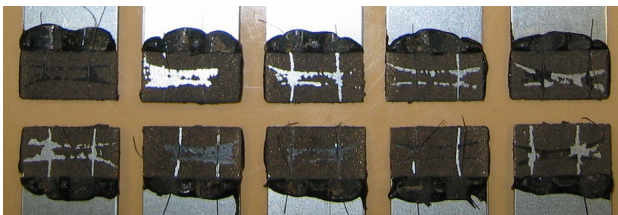
3.



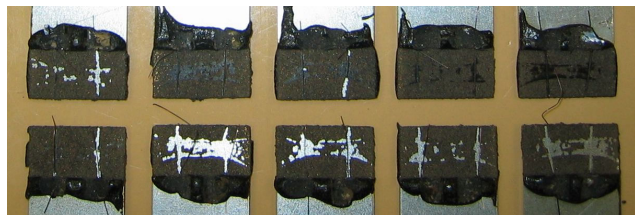
- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

1 hodina:

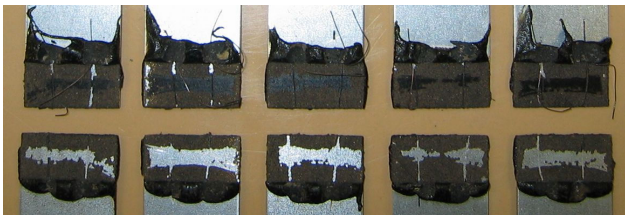
1.



2.



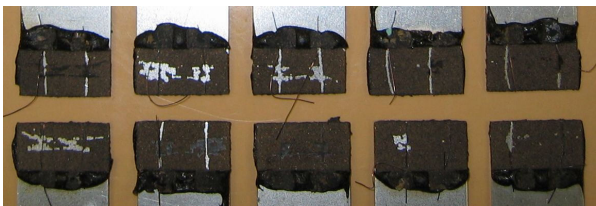
3.



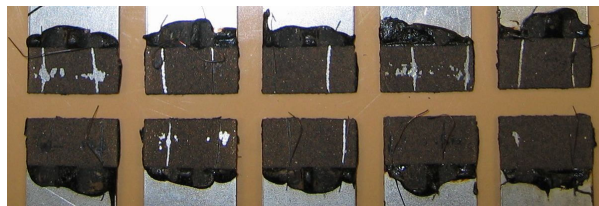
- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

Příloha 8 str.3/4
24 hodin:

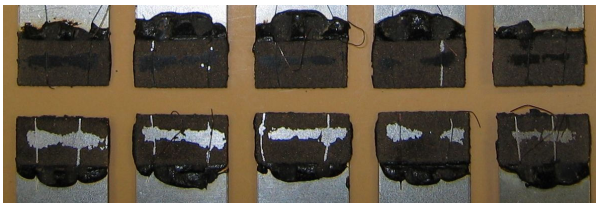
1.



2.



3.



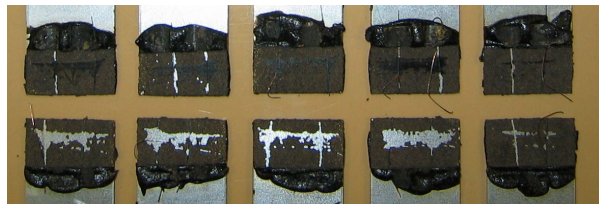
1. Anticorit PL 3802-39 LV
2. Anticorit PL 3802-39 S
3. Renoform MCO 3802-SN

14 dní:

1.



2.



3.

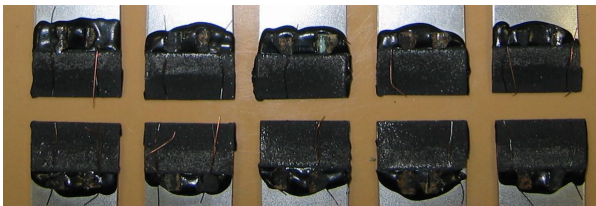


1. Anticorit PL 3802-39 LV
2. Anticorit PL 3802-39 S
3. Renoform MCO 3802-SN

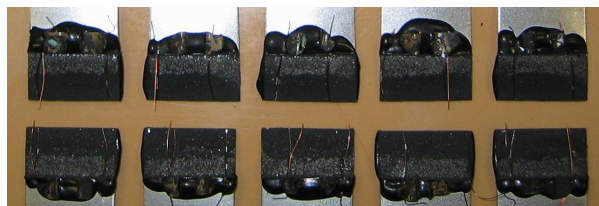
SikaPower 490/7

5minut:

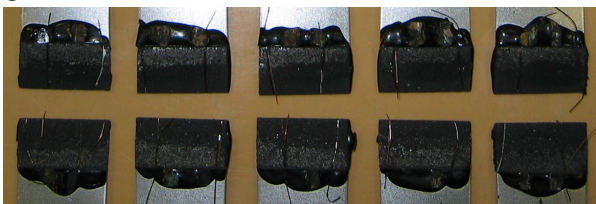
1.



2.



3.

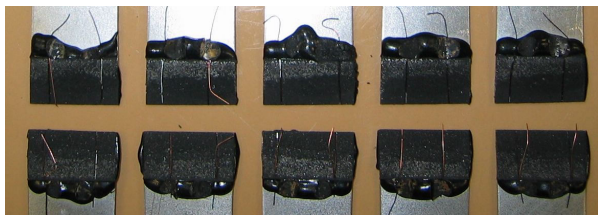


1. Anticorit PL 3802-39 LV
2. Anticorit PL 3802-39 S
3. Renoform MCO 3802-SN

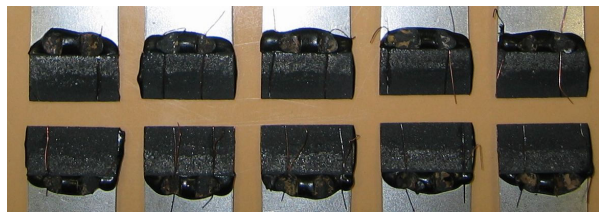
Příloha 8 str.4/4

1 hodina:

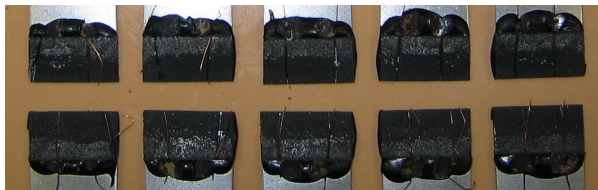
1.



2.



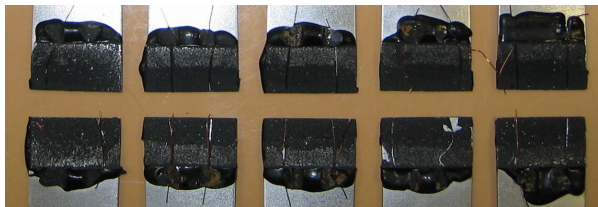
3.



- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

24 hodin:

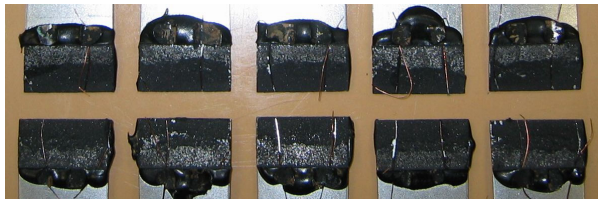
1.



2.



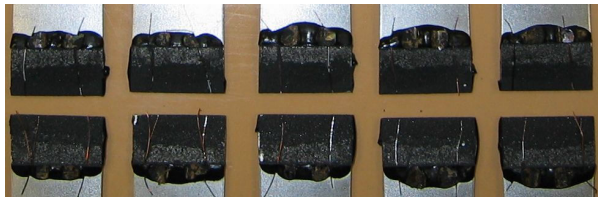
3.



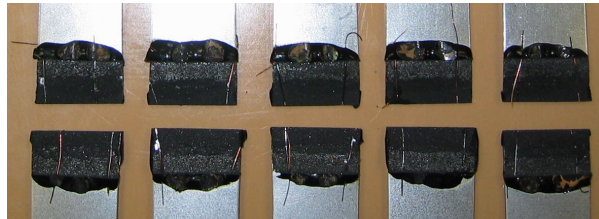
- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

14 dní:

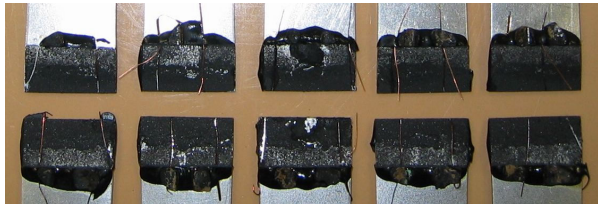
1.



2.



3.



- 1. Anticorit PL 3802-39 LV
- 2. Anticorit PL 3802-39 S
- 3. Renoform MCO 3802-SN

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 5.ledna 2007

Podpis:

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and consultant.

Date: 5. ledna. 2007

Signature: